

612 28.903.4

1932

А.Г. ХРИПКОВА

# Вікова фізіологія



А.Г. ХРИПКОВА

---

# Вікова фізіологія

---

*Допущено Міністерством освіти СРСР  
як навчальний посібник для студентів  
небіологічних спеціальностей  
педагогічних інститутів*

Київ  
Головне видавництво видавничого об'єднання  
«Вища школа»  
1982

~~612~~ 28,903  
ВБК 28.903я73

5А2.2

X93

УДК 612.6(07)

Возрастная физиология. Хрипкова А. Г.— Пер. с рус.—  
Киев : Вища школа. Головное изд-во, 1982.— 272 с.— Укр.

Содержание пособия соответствует программе по возрастной физиологии. Излагаются основные сведения о физиологических процессах, протекающих в организме, с использованием современных достижений науки. Во всех разделах пособия раскрываются физиологические особенности организма, связанные с изменением возраста. В главе «Высшая нервная деятельность» раздел «Возрастные особенности функционирования мозга ребенка» написан Д. А. Фарбер.

Табл. 23. Ил. 56 Библиогр.: 10 назв.

Переклад з російського видання («Просвещение», 1978)  
М. П. Настеки

Редакція літератури з біології і географії  
Зав. редакцією А. А. Москалюк

**Предмет вікової фізіології.** Фізіологія — наука про функції живого організму як єдиного цілого, про процеси, які відбуваються в ньому, і механізми його діяльності. Основне завдання фізіології — розкриття законів життєдіяльності живого організму і керування ними.

До теперішнього часу фізіологія людини і тварин накопичила великий фактичний матеріал. Це привело до того, що від фізіології як цілісної науки про функції організму відокремились і стали самостійними кілька наукових напрямів. Серед них самостійною галуззю фізіології стала також вікова фізіологія.

Вікова фізіологія вивчає особливості життєдіяльності організму в різні періоди онтогенезу<sup>1</sup>, функції органів, систем органів і організму в цілому в міру його росту і розвитку, своєрідність цих функцій на кожному віковому етапі.

**Зв'язок вікової фізіології з іншими біологічними дисциплінами.** Будова і функції будь-якого органа нерозривно зв'язані. Не можна пізнати функції організму, його органів, тканин і клітин, не знаючи їхньої будови. Ось чому успіхи фізіології тісно пов'язані з досягненнями анатомії людини, гістології і цитології.

Основні життєві закономірності властиві всьому світові тварин. Але в процесі еволюції форми виявлення цих закономірностей змінювались і ускладнювались. Для вивчення життєдіяльності будь-якого організму необхідне розуміння історії його видового розвитку — філогенезу<sup>2</sup>. Тому у віковій фізіології широко використовують дані еволюційного вчення, простежують основні етапи розвитку тих чи інших органів тварин. Звідси стає зрозумілим зв'язок вікової фізіології з еволюційною фізіологією.

---

<sup>1</sup> Онтогенез (від грецьк. *ontos* — істота, особина; *genesis* — розвиток, походження) — індивідуальний розвиток особини з моменту зачаття у вигляді заплідненої яйцеклітини до смерті.

<sup>2</sup> Філогенез (від грецьк. *philo* — рід, плем'я; *genesis* — походження) — історичний розвиток організмів.

Значення вікової фізіології для педагогіки, психології, медицини, фізичного виховання. Курс вікової фізіології покликаний розкрити майбутнім педагогам і вихователям основні закономірності розвитку дітей в різні вікові періоди. Значення цих закономірностей є важливим фундаментом для глибшого вивчення і осмислення курсу загальної і педагогічної психології, педагогіки.

Вікова фізіологія допомагає озброїти студентів фізіолого-гігієнічними основами організації навчально-виховного процесу школи, режиму праці і відпочинку учнів.

Таким чином, вікова фізіологія є основою вивчення психології і педагогіки і разом з цими науками формує в майбутнього вчителя науковий підхід до виховання дітей. Це робить вікову фізіологію істотним ланцюгом, природничо-науковою основою всієї системи педагогічної освіти.

«Перше, що повинен знати педагог,— писала Н. К. Крупська,— це будову і життя людського тіла — анатомію і фізіологію людського тіла та його розвиток. Без цього не можна бути хорошим педагогом, правильно вирощувати дитину»<sup>1</sup>.

Тільки тоді, коли вихователь знає вікові фізіологічні особливості організму дітей, він може найкращим чином розвивати їхні розумові і фізичні здібності.

Важливу роль вікова фізіологія відіграє для медицини і її спеціальної галузі — гігієни. Найважливіша умова збереження здоров'я — правильна організація режиму праці та відпочинку. Щоб зрозуміти зміни, які відбуваються в організмі дитини при різних захворюваннях, лікувати її, необхідне знання особливостей функціонування організму дитини в умовах фізіологічної норми.

Гігієна дітей і підлітків, у тому числі і шкільна гігієна, вивчаючи умови життя, що забезпечують їхній нормальний розумовий і фізичний розвиток, високу працездатність, зміцнення здоров'я, і розробляючи на цій основі санітарно-гігієнічні вимоги і нормативи, спирається на дані вікової фізіології.

Даними вікової фізіології користуються при розробці санітарно-гігієнічних вимог до планування і благоустрою дитячих закладів. Ними керуються архітектори при проектуванні шкіл, піонерських таборів тощо; будівельники — при санітарно-технічному оснащенні дитячих закладів, при обладнанні опалення, водопостачання, каналізації, вентиляції і штучного освітлення.

Охорона здоров'я дітей і підлітків в СРСР є предметом турботи держави та партії. «Партія вважає одним з

<sup>1</sup> Див.: Крупська Н. К. Педагогічні твори, т. 5. К., Радянська школа, 1964, с. 576.

найважливіших завдань — забезпечити виховання, починаючи з найбільш раннього дитячого віку, фізично міцного молодого покоління з гармонійним розвитком фізичних і духовних сил»<sup>1</sup>.

Відомо, що здоров'я починає формуватися з дитинства. Тому педагоги повинні бути ознайомлені з основами анатомії і фізіології, щоб правильно організувати режим життя дитини і підлітка.

У житті людей різного віку важливу роль відіграє фізична культура — могутній фактор розвитку фізичних і духовних сил людини. Анатомія і фізіологія становлять наукову основу фізкультури і спорту.

Значення фізіології для формування діалектико-матеріалістичного світогляду. Фізіологія як наука про функції організму розкриває закони діяльності головного мозку, обґрунтовує матеріальну природу найскладніших форм пристосування організму до умов середовища, показує матеріальну природу психічної діяльності людини, що має неабияке значення у формуванні діалектико-матеріалістичного світогляду.

### **Організм людини — єдине ціле**

Поняття про тканини, органи і системи органів. Людина із її складною анатомічною будовою, фізіологічними і психічними особливостями являє собою вищий етап еволюції органічного світу. Характерним для будь-якого організму є певна організація його структур.

У процесі еволюції багатоклітинних організмів відбулася диференціація клітин: з'явилися клітини різних розмірів, форми, будови і функцій. Із однаково диференційованих клітин утворюються тканини, характерною властивістю яких є структурне об'єднання, морфологічна і функціональна спільність і взаємодія клітин. Різні тканини спеціалізовані за функціями. Так, характерною властивістю м'язової тканини є скоротність; нервової тканини — передача збудження тощо.

Кілька тканин, об'єднаних у певний комплекс, утворюють орган (нирка, око, шлунок і т. п.). Орган — це частина тіла, яка займає в ньому постійне положення, має певну будову і форму і виконує одну чи кілька функцій. Орган складається із кількох видів тканин, але одна з них завжди переважає і визначає його головну, провідну функцію. У м'язі, наприклад, такою тканиною є м'язова. Органи — це робочі апарати організму, спеціалізовані на

<sup>1</sup> Програма Комуністичної партії Радянського Союзу. К., Політвидав України, 1977, с. 86.

виконанні складних видів діяльності, що необхідні для існування цілісного організму. Серце, наприклад, виконує функцію насоса, що перекачує кров із вен в артерії, нирки — функцію виділення із організму кінцевих продуктів обміну речовин, кістковий мозок — функцію кровотворення тощо.

В тілі людини багато органів, але кожний з них є частиною цілісного організму.

Кілька органів, які разом виконують певну функцію, утворюють систему органів (травлення, дихання та ін.). Системи органів — це анатомічні і функціональні об'єднання кількох органів, які беруть участь у виконанні якого-небудь складного акту діяльності.

Найбільше значення має нервова система, яка об'єднує і регулює діяльність всього організму та визначає його поведінку в зовнішньому середовищі.

Нерідко дві або кілька систем органів називають апаратом. Наприклад, скелетна і м'язова системи становлять опорно-руховий апарат.

Проте треба завжди пам'ятати, що, маючи складну організацію, живий організм являє собою єдине ціле, в якому діяльність всіх його структур — клітин, тканин, органів і їхніх систем — узгоджена і підпорядкована цьому цілому.

### **Організм — саморегулююча система**

Основною функцією живого організму є обмін речовин і енергії. Життя можливе лише доти, поки відбувається обмін речовин, що є єдністю двох протилежних процесів: асиміляції і дисиміляції.

Асиміляція — це зміни і засвоєння речовин, що надходять в організм із зовнішнього середовища, утворення складних хімічних сполук із простіших, творення, синтез речовин, необхідних для живого організму. Дисиміляція — це розпад, розщеплення складних органічних сполук на простіші речовини із вивільненням енергії. Частина більш простих речовин, які утворюються в процесі дисиміляції, використовується в процесах синтезу, кінцеві продукти обміну речовин видаляються з організму.

Будь-якому організмові потрібні певні умови існування, до яких у нього виробляється пристосування в процесі розвитку. Середовищем існування для клітин організму є внутрішнє середовище. В поняття «внутрішнє середовище організму» включають кров, лімфу і тканинну рідину, з якою клітини безпосередньо стикаються.

Склад і властивості внутрішнього середовища підтримуються на відносно постійному рівні, що створює умови

для життєдіяльності всього організму. Сталість хімічного складу і фізико-хімічних властивостей внутрішнього середовища називають гомеостазом. Він підтримується безперервною роботою систем органів кровообігу, дихання, травлення, виділення тощо, виділенням у кров біологічно активних хімічних речовин, які забезпечують взаємодію клітин і органів. Найважливіша роль у підтриманні гомеостазу належить нервовій системі, яка регулює діяльність органів і систем організму.

Завдяки цьому в організмі відбувається саморегуляція фізіологічних функцій, що підтримує необхідні організмові умови існування.

Саморегуляція — універсальна властивість організму, яка включається тоді, коли виникає відхилення від певного постійного рівня будь-якого життєво важливого фактора зовнішнього чи внутрішнього середовища.

За допомогою механізму саморегуляції у людини підтримується відносно постійний рівень кров'яного тиску, температури тіла, фізико-хімічних властивостей крові тощо.

Однією із обов'язкових умов саморегуляції є зворотний зв'язок між процесом, що регулюється, і регулюючою системою, надходження інформації про кінцевий ефект в центральні регулюючі апарати.

**Регуляція функцій в організмі.** В організмі людини (як у будь-якому складному організмі) всі органи, тканини і клітини пов'язані в єдине ціле.

Філогенетично більш давньою формою зв'язку є гуморальний (від лат. *humor* — рідина). В різних клітинах організму в процесі обміну речовин утворюються хімічні сполуки. Деякі з цих сполук мають високу біологічну активність, наприклад, гормони. Потрапляючи в кров, вони розносяться нею по всьому організму і впливають на діяльність інших клітин, тканин, органів. Так здійснюється взаємодія між клітинами і окремими органами, забезпечується діяльність організму як єдиного цілого.

З розвитком і ускладненням організму в здійсненні взаємозв'язку між окремими його частинами і в забезпеченні всієї його діяльності першорядну роль починає відігравати нервова система, яка формується.

Нервова система об'єднує і зв'язує всі клітини і органи в єдине ціле, змінює і регулює їхню діяльність, здійснює зв'язок організму з навколишнім середовищем. Центральна нервова система і її провідний відділ — кора великого мозку, досить тонко і точно сприймаючи зміни навколишнього середовища, а також внутрішнього стану організму, своєю діяльністю забезпечують розвиток і пристосування організму до мінливих умов існування.



Нервовий і гуморальний механізми регуляції взаємопов'язані. Активні хімічні речовини, які утворюються в організмі, здатні впливати на нервові клітини, змінюючи їхній функціональний стан. Утворення і надходження в кров багатьох активних хімічних речовин перебуває в свою чергу під регулюючим впливом нервової системи. Нервова система впливає на функції ряду органів не тільки через нервові імпульси, які надходять до органів по нервових провідних шляхах, а й за допомогою хімічних речовин, що утворюються в клітинах організму і надходять у кров під впливом нервової системи. У зв'язку з цим правильніше говорити про єдину нерво-гуморальну систему регуляції функцій організму.

## Загальні закономірності росту і розвитку дітей і підлітків

### Закономірності росту і розвитку організму дитини

Поняття росту і розвитку. Процеси росту і розвитку є загальнобіологічними властивостями живої матерії. Ріст і розвиток людини, який починається з моменту запліднення яйцеклітини, являє собою безперервний поступальний процес, який відбувається протягом всього життя. Процес розвитку стрибкоподібний, і відмінність між окремими етапами, або періодами, життя зводиться не тільки до кількісних, а й якісних змін.

Вікові особливості у будові чи діяльності тих або інших фізіологічних систем ні в якому разі не можуть свідчити про неповноцінність організму дитини на окремих вікових етапах. Саме комплексом подібних особливостей характеризується той чи інший вік.

Під розвитком в широкому розумінні цього слова слід розуміти процес кількісних і якісних змін, які відбуваються в організмі людини і приводять до підвищення рівня складності організації і взаємодії всіх його систем. Розвиток включає в себе три основні фактори: ріст, диференціювання органів і тканин, формоутворення (набуття організмом характерних, властивих йому форм). Вони перебувають між собою в тісному взаємозв'язку і взаємозалежності.

Однією з основних фізіологічних особливостей процесу розвитку, яка відрізняє організм дитини від організму дорослого, є ріст, тобто кількісний процес, що характеризується безперервним збільшенням маси організму і супроводжується зміною кількості його клітин або їхніх розмірів.

В процесі росту збільшуються кількість клітин, маса тіла і антропометричні показники. В одних органах, таких як кістки, легені, ріст здійснюється переважно за рахунок збільшення кількості клітин; в інших (м'язи, нервова тканина) переважають процеси збільшення розмірів самих клітин. Таке визначення процесу росту виключає ті зміни маси і розмірів тіла, які можуть бути зумовлені жировідкладенням або затриманням води. Точніший показник росту організму — це підвищення в ньому загальної кількості білка і збільшення розмірів кісток.

**Закономірності росту і розвитку дітей; пропорції тіла на різних етапах розвитку.** До важливих закономірностей росту і розвитку дітей належать нерівномірність і безперервність росту і

розвитку, гетерохронія з явищами випереджаючого дозрівання життєво важливих функціональних систем і акселерація.

І. А. Аршавський сформулював «енергетичне правило скелетних м'язів» як основний фактор, який дає змогу зрозуміти не тільки специфічні особливості фізіологічних функцій організму в різні вікові періоди, а й закономірності індивідуального розвитку. Згідно з його даними, особливості енергетичних процесів у різні вікові періоди, а також зміна і перетворення діяльності дихальної і серцево-судинної систем в процесі онтогенезу перебувають у залежності від відповідного розвитку скелетної мускулатури.

А. А. Маркосян до загальних законів індивідуального розвитку відніс і надійність біологічної системи. Під надійністю біологічної системи розуміють такий рівень регулювання процесів в організмі, коли забезпечується оптимальний перебіг з його екстреною мобілізацією резервних можливостей і взаємозамінності, яка гарантує пристосування до нових умов, і з швидким поверненням до початкового стану.

Згідно з цією концепцією, весь шлях розвитку від зачаття до природного кінця відбувається при наявності запасу життєвих можливостей. Ці резервні можливості забезпечують розвиток і оптимальний перебіг життєвих процесів при мінливих умовах зовнішнього середовища. Наведемо кілька прикладів.

В крові однієї людини міститься стільки тромбіну (ферменту, який бере участь у зсіданні крові), що його досить для зсідання крові у 500 людей. Стінка сонної артерії витримує тиск  $20 \cdot 10^5$  Па, тоді як тиск на цій ділянці кровоносної системи рідко перевищує одну третину  $10^5$  Па. Стегнова кістка витримує розтягнення в 1500 кг, а велика гомілкорова кістка не ламається під масою 1650 кг, що в 30 разів перевищує звичайне навантаження. Велику кількість нервових клітин розглядають як один із можливих факторів надійності нервової системи та ін.

П. К. Анохін висунув вчення про гетерохронію (нерівномірне дозрівання функціональних систем) і вчення про системогенез, яке з нього випливає. Згідно з його уявленнями, під функціональною системою слід розуміти широке функціональне об'єднання відмінно локалізованих структур на основі одержання кінцевого пристосувального ефекту, необхідного в даний момент (наприклад, функціональна система дихання, функціональна система, яка забезпечує рух тіла у просторі, та ін.).

Структура функціональної системи складна і включає в себе аферентний синтез, прийняття рішення, саму дію і її результат, зворотну аферентацію із ефektorних органів і, нарешті, акцептор дії, зіставлення одержаного ефекту з очікуванням.

Аферентний синтез включає в себе обробку, синтезування різних видів інформації, яка надходить у нервову систему. В результаті аналізу і синтезу одержаної інформації вона зіставляється з минулим досвідом.

В акцепторі дії формується модель майбутньої дії, відбувається прогнозування майбутнього результату і зіставлення фактичного результату з раніше зформованою моделлю.

Функціональні системи дозрівають нерівномірно, включаються поетапно, змінюються, забезпечуючи організму пристосування в різні періоди онтогенетичного розвитку.

Структури, які в сукупності повинні становити до моменту народження функціональну систему, закладаються і дозрівають вибірково і прискорено. Наприклад, коловий м'яз рота іннервується прискорено і задовго до того, як будуть іннервовані інші м'язи обличчя. Прискореного розвитку зазнає не тільки коловий м'яз рота, а й інші м'язи і ті структури центральної нервової системи, які забезпечують акт смоктання. Із всіх нервів руки насамперед і найповніше розвиваються ті, що забезпечують скорочення м'язів — згиначів пальців, які беруть участь у виконанні хватального рефлексу. Такий вибірковий і прискорений розвиток морфологічних утворень, які становлять повноцінну функціональну систему, що забезпечує новонародженому виживання, дістав назву системогенезу.

Системогенез як загальна закономірність розвитку особливо чітко виявляється на стадії ембріонального розвитку. Але гетерохронне дозрівання і поетапне включення і зміна функціональних систем характерні і для інших етапів індивідуального розвитку.

З моменту народження і до смерті в організмі людини відмічаються специфічні особливості будови, біохімічних процесів, функцій організму в цілому і окремих його систем, які змінюються в різні періоди його життя. Ці зміни зумовлені спадковими факторами, визначаючи до деякої міри етапи росту і розвитку. Проте вирішальне значення для виявлення цих спадкових факторів, формування вікових особливостей мають навчання і виховання, харчування і гігієнічні умови життя, спілкування дитини з людьми, що оточують її, спортивна і трудова діяльність та інші фактори, які становлять суть соціального життя людини.

Життя людини — це безперервний процес розвитку. Перші кроки і даліше вдосконалення рухової функції, перші слова дитини і розвиток мовної функції, перетворення дитини в підлітка в період статевого дозрівання, розвиток центральної нервової системи, ускладнення рефлекторної діяльності — це тільки приклади із величезної кількості змін в організмі.

Характерною особливістю процесу росту дитячого організму є його нерівномірність, або гетерохронізм, і хвилеподібність. Періоди посиленого росту змінюються деяким уповільненням його. Особливо яскраво ця закономірність простежується при графічному вираженні темпу росту організму дитини (рис. 1, табл. 1).

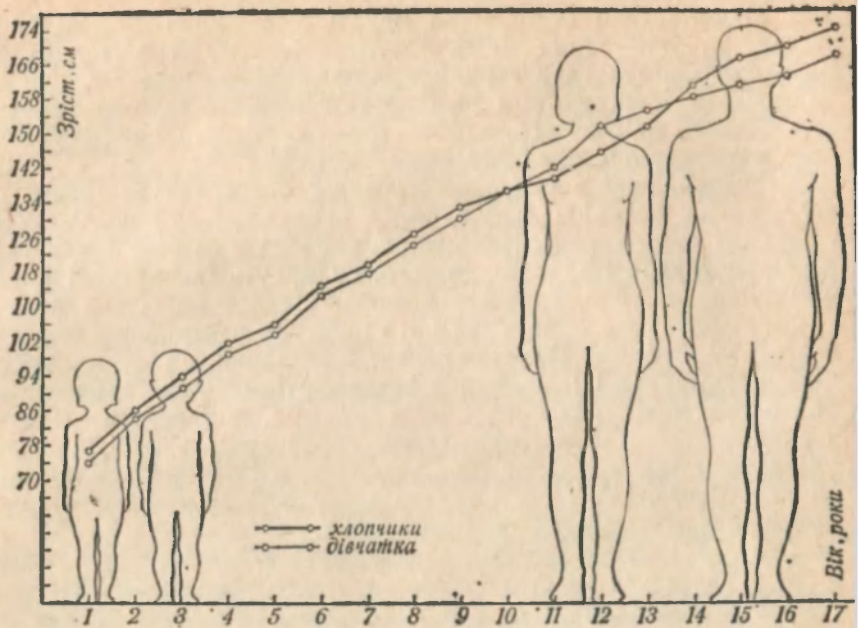


Рис. 1. Динаміка росту з віком.

Із таблиці видно, що найбільшою інтенсивністю ріст дитини відзначається в перший рік життя і в період статевого дозрівання, тобто в 11...15 років. Якщо при народженні ріст дитини в середньому дорівнює 50 см, то до кінця першого року життя він досягає 75...80 см, тобто збільшується більше ніж на 50%; маса тіла за рік потроюється — при народженні дитини вона дорівнює в середньому 3,0...3,2 кг, а на кінець року — 9,5...10,0 кг. В наступні роки до періоду статевого дозрівання темп росту знижується, і щорічний приріст маси становить 1,5...2,0 кг із збільшенням довжини на 4...5 см.

Другий стрибок росту пов'язаний із настанням статевого дозрівання. За рік довжина тіла збільшується на 7...8 і навіть 10 см. Причому з 11...12 років дівчатка трохи випереджають у рості хлопчиків, в 13...14 років дівчатка і хлопчики ростуть майже однаково, а з 14...15 років юнаки обганяють в рості дівчат, і це перевищення росту у чоловіків над жінками зберігається протягом всього життя.

Від періоду новонародження і до досягнення зрілого віку довжина тіла збільшується в 3,5 раза, довжина тулуба — в 3 рази, довжина руки — в 4 рази, довжина ноги — в 5 разів.

Пропорції тіла з віком також дуже змінюються (рис. 2).

Новонароджений відрізняється від дорослої людини відносно короткими кінцівками, великим тулубом і великою головою.

Таблиця 1. Середні показники довжини і маси тіла у дітей і підлітків Москви

Вік, роки	Хлопчики		Дівчатка	
	довжина тіла, см	маса, кг	довжина тіла, см	маса, кг
Новонароджені	49,6.. 54,3	3,1...3,9	48,9...54,0	2,9...3,7
1	73,3.. 77,4	9,5...11,3	71,1.. 76,9	8,7...10,8
2	83,4.. 89,5	11,4...14,1	81,1.. 87,6	11,1...13,8
3	95,5.. 99,1	12,6...16,9	90,1.. 97,5	12,5...16,0
4	97,1.. 107,4	14,5...20,1	98,8.. 107,6	15,1...19,9
5	103,9.. 114,8	16,5...21,0	104,4.. 114,2	16,0...22,7
6	110,3.. 121,2	18,7...24,5	109,3.. 122,1	17,7...25,1
7	117,3.. 127,3	20,4...28,8	115,9.. 126,9	20,3...28,0
8	121,5.. 131,1	22,2...30,4	120,3.. 131,1	21,3...29,8
9	126,2.. 136,2	24,9...33,4	124,8.. 136,5	24,2...34,1
10	130,9.. 141,5	26,7...37,6	130,0.. 142,9	26,5...38,7
11	135,6.. 146,6	29,5...41,5	135,7.. 149,9	29,5...43,3
12	140,0.. 152,0	32,6...45,2	142,1.. 156,4	34,1...48,6
13	145,8.. 159,9	36,6...52,3	148,3.. 161,3	38,8...54,7
14	152,6.. 167,4	41,4...58,4	151,9.. 164,0	43,2...58,0
15	160,1.. 173,4	47,8...64,9	154,0.. 165,5	46,9...61,3
16	165,3.. 177,1	53,8...68,5	154,4.. 166,1	48,8...63,7
17	168,0...178,5	57,5...71,3	155,2.. 166,5	50,7...65,4

Висота голови новонародженого становить  $\frac{1}{4}$  довжини тулуба, у дитини двох років —  $\frac{1}{5}$ , шести —  $\frac{1}{6}$ , 12 років —  $\frac{1}{7}$  і у дорослих —  $\frac{1}{8}$ . З віком ріст голови уповільнюється, а ріст кінцівок прискорюється. До початку періоду статевого дозрівання (передпубертатний період) статева різниця в пропорціях тіла відсутня, а в період статевого дозрівання (пубертатний період) в юнаків кінцівки стають довші, а тулуб коротший і таз вужчий, ніж у дівчат.

Є три періоди відмінності пропорцій між довжиною і шириною тіла: від 4 до 6 років, від 6 до 15 років і від 15 років до дорослого стану. Якщо в передпубертатний період загальний зріст збільшується за рахунок росту ніг, то в пубертатному періоді — за рахунок росту тулуба.

Криві росту окремих частин тіла, а також багатьох органів в основному збігаються з кривою росту довжини тіла. Проте деякі органи і частини тіла мають інший тип росту. Наприклад, ріст статевих органів відбувається посилено в період статевого дозрівання, ріст лімфатичної тканини до цього періоду закінчується. Розміри голови у дітей 4 років досягають 75...90% величини голови дорослої людини. Інші частини скелета і після 4 років продовжують інтенсивно рости.

В період статевого дозрівання відбувається не тільки інтенсивний ріст, а й формування вторинних статевих ознак.

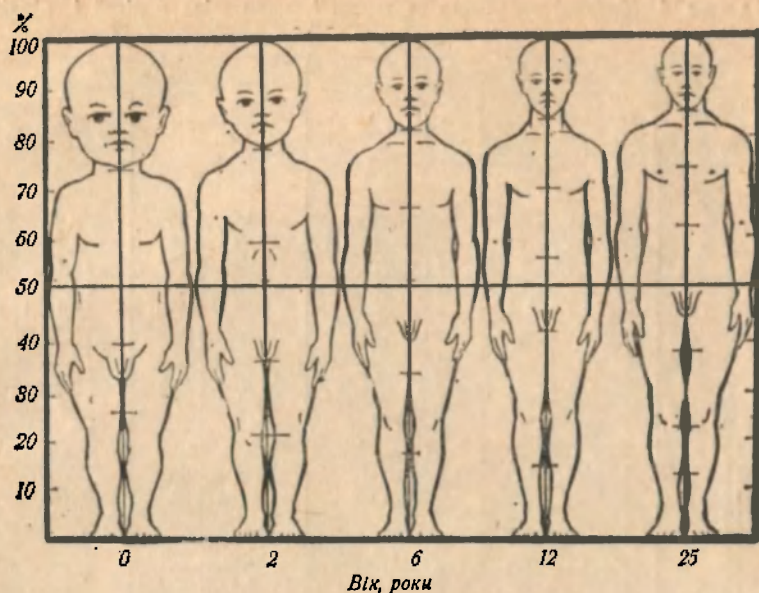


Рис. 2. Зміна пропорцій тіла з віком.

Гетерохронія в процесах розвитку окремих систем організму простежується не тільки при зіставленні темпів їхнього росту. Окремі частини фізіологічних систем також дозрівають нерівномірно.

Нервова система завжди функціонує як єдине ціле, але її окремі частини розвиваються і формуються різними темпами і в різні строки. Наприклад, доцентрова, або аферентна, частина нервової системи, тобто та частина, яка несе імпульси з периферії тіла в центральну нервову систему, досить зріла вже при народженні дитини, остаточно дозріває в 6...7 років. Тим часом відцентрова, або еферентна, частина нервової системи, тобто та частина, яка несе імпульси із центральної нервової системи до робочих органів — м'язів і залоз, остаточно дозріває тільки у 23...25 років.

Нерівномірність росту — пристосування, вироблене еволюцією. Бурхливий ріст тіла в довжину на першому році життя пов'язаний із збільшенням маси тіла, а уповільнення росту в наступні роки зумовлене активними процесами диференціювання органів, тканин, клітин.

Ми вже зазначали, що розвиток веде до морфологічних та функціональних змін, а ріст — до збільшення маси тканин, органів і всього тіла. При нормальному розвитку дитини обидва ці процеси тісно взаємопов'язані. Але періоди інтенсивного ро-

сту можуть не збігатися з періодами інтенсивного диференціювання.

Посилене диференціювання зумовлює уповільнення росту. Маса головного і спинного мозку в основному наростає до 8...10 років, майже досягаючи маси цих органів у дорослого; функціональне удосконалення нервової системи відбувається ще протягом довгого часу.

Дозрівання рухового аналізатора настає в основному в 13...14 років, проходячи ряд етапів удосконалення рухової функції. Разом з тим в 15...18 років відбуваються подальший інтенсивний ріст і диференціація м'язової тканини.

Гетерохронія розвитку дає змогу забезпечити прискорений вибірковий ріст і диференціацію тим структурам і їхнім функціям, які насамперед необхідні організмові на даному етапі онтогенезу.

Гетерохронізм, який спостерігається при порівняльному вивченні розвитку окремих морфологічних утворень або функцій, ні в якому разі не є показником відсутності чи порушення гармонійності розвитку організму дитини на окремих етапах його життя.

Поряд з типовими для кожного вікового періоду особливостями є індивідуальні особливості розвитку. Вони варіюють і залежать від стану здоров'я, умов життя, ступеня розвитку нервової системи. Різкі індивідуальні відхилення у розвитку виявляються переважно на першому році життя, коли вони пов'язані з природженими особливостями і умовами виховання.

**Вплив середовища на ріст і розвиток.** Організм дитини розвивається в конкретних умовах середовища, яке безперервно діє на організм дитини і значною мірою визначає хід його розвитку. Ще І. М. Сеченов зазначав, що «...організм без зовнішнього середовища, яке підтримує його існування, неможливий, тому в наукове визначення організму повинне входити і середовище, яке впливає на нього, а оскільки без останнього існування організму неможливе, то суперечки про те, що в житті важливіше — середовище чи саме тіло — не мають найменшого значення»<sup>1</sup>.

Хід морфологічних і функціональних перебудов організму дитини в різні вікові періоди підлягає дії генетичних факторів і факторів середовища.

Залежно від конкретних умов середовища процес розвитку може бути прискорений або уповільнений, а його вікові періоди можуть наступати раніше чи пізніше і мати різну тривалість.

Якісна своєрідність організму дитини, яка змінюється на кожному ступені індивідуального розвитку, виявляється у всьому, передусім в характері його взаємодії з навколишнім середо-

<sup>1</sup> Сеченов И. М. Физиология нервной системы. М., Медгиз, 1952, с. 142.



вищем. Не слід вважати, що біологічний фонд, з яким народжується дитина, не може бути надалі якоюсь мірою розхитаний чи змінений. Під впливом зовнішнього середовища, особливо його соціального боку, ті чи інші зумовлені спадковістю якості можуть бути реалізовані і розвинуті, якщо середовище сприяє цьому, чи, навпаки, пригнічені.

### Акселерація

**Поняття про акселерацію.** В останній чверті XIX — на початку XX ст. в багатьох країнах помічено прискорення росту дітей. З того часу дані про прискорення фізичного розвитку дітей почали накопичуватися, і в 1935 р. складний комплекс явищ, які характеризують прискорення розвитку, був названий Є. Кохом акселерацією (від лат. *accelerare* — прискорювати).

Спочатку багато дослідників розуміли під акселерацією прискорення головним чином фізичного розвитку дітей і підлітків. Пізніше це поняття було значно розширене.

Під акселерацією почали розуміти збільшення розмірів тіла і початок дозрівання в більш ранні строки. Довжину тіла, обсяг грудей і масу тіла вже розглядали як найбільш важливі ознаки фізичного розвитку. Але, пам'ятаючи, що морфологічні особливості організму тісно пов'язані з його функціональною діяльністю, деякі автори як ознаки фізичного розвитку розглядали життєву ємкість легенів, силу окремих м'язових груп, ступінь окостеніння скелета (зокрема, кисті), прорізування і заміну зубів, ступінь статевого дозрівання. Деякі автори до істотних ознак відносять також пропорції тіла.

Нині поняття «акселерація» стало настільки широким, що говорять не тільки про прискорення фізичного розвитку дітей і підлітків, а й про збільшення розмірів тіла у дорослих, пізніше настання клімаксу.

У цьому зв'язку часто користуються ширшим поняттям — «секулярний тренд» (вікова тенденція), розуміючи під цим тенденцію, яка спостерігається приблизно протягом віку, до прискорення фізичного розвитку всього організму, від внутрішньоутробного періоду до дорослого стану.

**Акселерація росту і маси тіла.** Справді, прискорення росту можна спостерігати вже на стадії внутрішньоутробного розвитку. Дослідження новонароджених показали, що за останні 30...40 років довжина їхнього тіла збільшилась на 0,5...1 см, а маса — на 100...150 г. У дітей першого року життя, крім збільшення зросту і маси тіла, знижується вік подвоєння маси тіла і перехрестя розмірів окружностей голови і грудей. Маса тіла дитини подвоюється тепер у 4 місяці (раніше в 6). Річні діти в середньому довші на 5 см, важчі на 1,5...2 кг, ніж 50...75 років тому.

Акселерація чітко помітна у дітей ясельного і дошкільного віку. У варшавських дітей у віці від 1,5 до 3 років з 1881 до 1961 р. довжина тіла збільшилась на 10...12 см, а з 1924 до 1961 р.— приблизно на 4 см. В Північній Америці, Англії, Швеції, Польщі у дітей від 5 до 7 років середнє збільшення між 1800 і 1950 рр. становить за кожне десятиріччя 1,5 см для довжини тіла і 0,5 кг для маси. На рік раніше починають прорізуватися постійні зуби.

М. І. Корсунська на VII Міжнародному конгресі антропологічних і етнографічних наук (1964) навела дані про динаміку фізичного розвитку дітей дошкільного віку в СРСР. Вона відмічає підвищення рівня фізичного розвитку дітей дошкільного віку в СРСР на початок Великої Вітчизняної війни, спад його в роки війни, піднесення, вирівнювання і перевищення в повоєнні роки.

Порівняно з 1923—1925 рр. підлітки і юнаки Москви, Ленінграда і Києва від 14 до 17 років збільшились у зрості на 10...13 см, в масі — на 9...11 кг і в окружності грудей — на 4,7 см. Підлітки Свердловська, Харкова, Ташкента, Ростова-на-Дону, Мінська, Тули, Глухово, а також Волоколамського району Московської області за цей же період збільшились у зрості на 9...11 см і в масі — на 8...10 кг.

Максимальне зниження зросту і маси за час Вітчизняної війни виявлене у підлітків Ленінграда, які перенесли воєнну блокаду (зріст — на 10,5 см, маса — на 11 кг), у підлітків Горького і Москви (зріст — на 7...8 см, маса — на 6...7 кг).

Спостерігається збільшення розмірів тіла не тільки у дітей і підлітків, а й у дорослого населення.

**Акселерація статевого дозрівання.** Одночасно з прискоренням росту змінились і строки статевого дозрівання. Поява першої менструації у ленінградських школярок в 1959 р. відмічена в 12 років 11 місяців, а в 1927—1930 рр.— в 14 років 2 місяці. В 1935 р. в групі 13-річних дівчат Тбілісі лише 20% мали менструацію, тоді як в 1962 р.— 43%. У ленінградських хлопчиків волосся на лобку і в пахвових западинах в 1959 р. з'являлось на 1,5...2 роки раніше, ніж в 1927—1930 рр.

Аналогічно розмірам тіла в 1941—1945 рр. спостерігалось відставання статевого дозрівання.

Є повідомлення про подовження дітородного періоду за останні 60 років на 8 років. За останнє століття в Центральній Європі менопауза (припинення менструації) відсунулась з 45 до 48 років. У жінок в нашій країні менопауза настає в середньому в 46,7 року, а на початку століття починалась в 43,7 року.

**Причини акселерації.** Відносно причин акселерації до теперішнього часу не сформовано загальноприйнятої точки зору. Висунуто багато гіпотез, припущень.

Більшість вчених вважають зміни в харчуванні визначальним фактором у всіх зрушеннях розвитку. Це пов'язують із

БІБЛІОТЕКА

Львівського гос.

інституту фізкультури

збільшенням кількості споживаних повноцінних білків і натуральних жирів на душу населення. Сюди ж відносять більш регулярне споживання овочів і фруктів протягом року, посилену вітамінізацію організму матері і дитини.

Геліогенна теорія акселерації відводить досить істотну роль дії на дитину сонячних променів; вважається, що діти в наш час більше зазнають впливу сонячної радіації. Але навряд чи це переконливо, бо процес акселерації в північних країнах відбувається не меншими темпами, ніж у південних.

Деякі вчені пов'язують акселерацію із змінами клімату. Вологе і тепле повітря веде до уповільнення процесів росту і розвитку. Прохолодний сухий клімат сприяє втраті тепла організмом і тому ніби стимулює ріст.

Є дані також про стимулюючий вплив на організм малих доз іонізуючого випромінювання.

Поряд з поліпшенням харчування важливою причиною акселерації вважають загальне зниження захворюваності у дитинстві, що пов'язано із загальними успіхами медицини.

Розвиток науки і технічний прогрес привели до появи багатьох нових факторів впливу на людину, причому властивості цих факторів і дія їх на організм ще не відомі (мова йде про хімічні речовини, які застосовуються в промисловості, сільському господарстві, побуті, нові лікарські засоби з нез'ясованими побічними впливами тощо).

Деякі автори значну роль в акселерації відводять новим формам і методам виховання й освіти, постійному, значно частішому, ніж раніше, спілкуванню між хлопчиками і дівчатками, спорту, фізкультурі.

Пов'язують акселерацію і з подразнюючим впливом темпів міського життя. Це й посилене штучне освітлення (включаючи рекламу); стимулюючий вплив електромагнітних коливань, які виникають при роботі радіо- і телевізійних станцій; міський шум і транспорт, що рухається; вплив радіо, кіно і телебачення на ранній інтелектуальний та особливо сексуальний розвиток.

Шукають відповіді про причини акселерації і в області генетики. Технічний прогрес в економічно розвинених країнах Європи, Америки і Азії привів до концентрації населення у великих містах. Розвиток транспорту і зв'язку зблизив відстані, які раніше здавалися досить далекими. Посилилась міграція населення. Розширилась географія шлюбу, руйнується генетична ізоляція. Це створює сприятливий ґрунт для зміни спадковості. Молоде покоління стає вищим на зріст і дозріває раніше за своїх батьків.

Одним із корінних положень марксизму є визнання соціальної суті людини і соціальної зумовленості її фізичної природи.

Відомо, що в капіталістичних країнах фізичний розвиток у забезпечених груп населення в середньому вищий, ніж у неза-

безпечених. Для більш забезпечених груп характерне більш раннє статеве дозрівання.

Дослідження дітей і підлітків у селищі Глухово Московської області, початі 80 років тому Ерісманом і продовжені в радянський час, показують, що за часів Радянської влади фізичний розвиток дітей цього селища значно поліпшився. Якщо середній зріст 15-річного хлопчика в 1880 р. був 141 см, а в 1927 р.— 151 см, то в 1962 р. він став 162 см. Прискорилося і їхнє статеве дозрівання, скоротилися строки закінчення росту.

Такі зростаючі показники розвитку радянських дітей, підлітків і юнаків переконливо свідчать про постійне поліпшення соціальних умов у нашій державі, про те, що фізичний розвиток людини тісно пов'язаний з умовами соціально-економічного життя суспільства.

**Чи відбувається психічна акселерація?** Ми навели переконливі докази прискорення фізичного розвитку дітей. А як же справа з функціональним, психічним розвитком дітей? Наскільки прискорення фізичного розвитку збігається з темпами психічної акселерації, та чи є вона взагалі?

Через недосконалість методів оцінки в фізіологічних і психологічних дослідженнях 30...40-річної давності ми практично позбавлені можливості проводити скільки-небудь вірогідні порівняння цих показників у часі. Проте не виключено, що збільшення інформативності, вдосконалення системи виховання і навчання внаслідок високих пластичних якостей мозку могли бути факторами, які сприяють деякому прискоренню розвитку психічних функцій.

Є непрямі дані, які вказують на функціональну акселерацію у сучасних дітей. Так, діти Москви за останні 30 років поряд із збільшенням зросту і маси тіла дають також вищі показники сили стискання кисті.

За даними вчених НДР, з 1910 до 1958 р. значно змінились середні показники виконання різних фізичних вправ. Тепер 16-річні підлітки стрибають у довжину в середньому на 60 см далі, у висоту — на 23 см вище і штовхають ядро на 1,2 м далі, ніж їхні ровесники в 1910 р.

Як далеко може зайти процес акселерації? В. В. Вунак вважає, що далі збільшення довжини тіла не перейде установлену протягом віків верхню фізіологічну норму (178...180 см).

Поряд з високими темпами акселерації статевого дозрівання в ряді країн Європи (Італія, Югославія, Польща, Болгарія та ін.) констатується деяке зниження акселерації в США, Англії, Швеції, Норвегії. Так, у дівчат в Англії і Норвегії вік першої менструації за останні 15...17 років стабілізувався.

Акселерація фізичного розвитку людини, за даними антропологів, спостерігалася також в інші історичні епохи. В часи неоліту і бронзи в Європі жили люди, зріст яких був такий же, як у людей цих районів в середині ХХ ст.

За даними Бакман, статеве дозрівання у Стародавній Греції наставало у дівчаток у 12-річному віці, в XVI—XVII ст. в Європі ці строки були більш пізні; на початку XIX ст. менструація з'являлася у дівчаток в середньому в 16...17 років, а в наш час — в 13 років.

Якими б не були спірними проблеми акселерації, безперечним є одне: акселерація — факт, і його треба враховувати. І мова тут іде не тільки про зміни стандартів меблів, одягу, взуття тощо, хоч це також важливо. Акселерацію слід враховувати при організації навчально-виховного процесу, режиму праці і відпочинку; вона повинна вести до значного варіювання форм і методів виховання в різні вікові періоди. Діти рано стають дорослішими фізично, а рівень їхньої працездатності відстає від їхньої фізичної зрілості; соціальна зрілість, як показують численні дані, не акселерує в таких масштабах, як це спостерігається у фізичному розвитку дітей. У зв'язку з акселерацією особливої гостроти набувають питання статевого виховання учнів.

### **Вікова періодизація**

Організм дитини безперервно росте і розвивається. В процесі онтогенезу виникають специфічні анатомічні і функціональні особливості, які дістали назву вікових. Відповідно до цього життєвий цикл людини може бути розподілений на періоди, або етапи. Між цими періодами немає чітко окреслених меж, і вони значною мірою умовні. Проте вичленення таких періодів необхідне, бо діти одного і того ж календарного (паспортного), але різного біологічного віку по-різному реагують на спортивні і трудові навантаження; при цьому їхня працездатність може бути більшою чи меншою, що важливо для розв'язання ряду практичних питань організації навчально-виховного процесу в школі, а також проведення вільного часу.

На відміну від паспортного віку, де міжвіковий інтервал дорівнює одному рокові, біологічний (або анатоμο-фізіологічний) вік обіймає ряд років життя людини, протягом яких відбуваються певні біологічні зміни.

Які критерії брати за основу вікової періодизації? В цьому питанні до теперішнього часу немає більш чи менш узгодженої точки зору. Одні дослідники за основу періодизації беруть дозрівання статевих залоз, швидкість росту і диференціювання тканин і органів; інші пропонують керуватися так званою скелетною зрілістю (кістковий вік), коли рентгенологічно в скелеті визначають час появи точок окостеніння і появи нерухомого з'єднання кісток. Висувалася і така ознака, як ступінь розвитку центральної нервової системи, зокрема кори великого мозку.

Рубнер з теорії «енергетичного правила поверхні» як крите-

рії пропонував використовувати особливості енергетичних процесів у різні вікові періоди.

Іноді як критерій для вікової періодизації використовують спосіб взаємодії організму з відповідними умовами середовища.

Поширена в наш час вікова періодизація з виділенням періоду новонародженості, ясельного, дошкільного і шкільного віку у дітей відображує швидше існуючу систему дитячих закладів, ніж справжні вікові особливості.

Широковідомі інша класифікація, запропонована М. П. Гундобіним. За його схемою виділяють:

- 1) період внутрішньоутробного розвитку;
- 2) період новонародженості (2...3 тижні);
- 3) період грудного віку — до 1 року;
- 4) переддошкільний, ясельний вік —  
від 1 до 3 років;
- 5) дошкільний вік —  
від 3 до 7 років;
- 6) молодший шкільний вік — від 7 до 12 років;
- 7) середній, або підлітковий, вік — від 12 до 15 років;
- 8) старший шкільний, або юнацький, вік — від 14 до 18 років у дівчат, від 15...16 до 19...20 років у хлопців.

У віковій і педагогічній психології найчастіше використовують періодизацію, яка ґрунтується на педагогічних критеріях. Періоди дошкільного віку поділяються відповідно до груп дитячого садка. Шкільний вік поділяють на три етапи: молодший (від I до III—IV класу), середній (від IV—V до VII—VIII класу), старший (від VIII до X класу).

В сучасній науці немає загальноприйнятої класифікації періодів росту і розвитку і їхніх вікових меж. Симпозіум з проблеми вікової періодизації у Москві (1965), скликаний Інститутом фізіології дітей і підлітків АПН СРСР, рекомендував таку схему вікової періодизації, яка має значне поширення:

- 1) новонароджений — 1...10 днів;
- 2) грудний вік — 10 днів...1 рік;
- 3) раннє дитинство — 1...3 роки;
- 4) перше дитинство — 4...7 років;
- 5) друге дитинство — 8...12 років хлопчики, 8...11 років дівчатка;
- 6) підлітковий вік — 13...16 років хлопчики, 12...15 років дівчатка;
- 7) юнацький вік — 17...21 рік юнаки, 16...20 років дівчата;
- 8) зрілий вік, I період — 22...35 років;  
зрілий вік, II період — 36...60 років чоловіки, 36...55 років жінки;
- 9) літній вік — 61...74 роки чоловіки, 56...74 роки жінки;
- 10) старечий вік — 75...90 років;
- 11) довгожителі — 90 років і далі

Критерії такої періодизації включали в себе комплекс ознак: розміри тіла й органів, масу, окостеніння скелета, прорізування зубів, розвиток залоз внутрішньої секреції, ступінь статевого дозрівання, м'язову силу. В цій схемі враховано особливості хлопчиків і дівчаток. Проте питання про критерії біологічного віку, в тому числі вияв найбільш інформативних показників, які могли б бути основою вікової періодизації, потребує дальшої розробки.

Кожний віковий період характеризується своїми специфічними особливостями. Перехід від одного вікового періоду до наступного позначають як зламний етап індивідуального розвитку, або критичний період.

Тривалість окремих вікових періодів значною мірою зазнає змін. Як хронологічні рамки віку, так і його характеристики визначаються передусім соціальними факторами.

## РОЗДІЛ II

### Спадковість і розвиток

#### Клітина

**Поняття про клітину.** Клітина — елементарна структурна, функціональна і генетична одиниця багатоклітинного організму. У тілі людини налічують приблизно  $10^{14}$  клітин.

Клітини складного організму спеціалізовані. Залежно від виконуваної функції вони мають різну форму і особливості будови. М'язові клітини мають подовжену форму, залозисті — кулясту, нервові мають довгі відростки.

Клітини будь-якого організму, від одноклітинних і до найскладніших багатоклітинних, мають єдиний план будови і функціональну організацію.

**Будова клітини.** Функціональне значення окремих структур клітини. Кожна клітина має оболонку (клітинна мембрана), цитоплазму і ядро (рис. 3).

**Цитоплазма.** Власне цитоплазма клітини — напіврідке середовище, під електронним мікроскопом видно її дрібнозернисту структуру. В ній міститься ядро і всі органоїди клітини.

Серед органоїдів клітини є універсальні органоїди, вони характерні для клітин всіх організмів, і спеціальні органоїди, які зустрічаються лише в деяких клітинах.

До універсальних органоїдів відносять мітохондрії, внутрішній сітчастий апарат (апарат Гольджі)<sup>1</sup>, ендоплазматичну сітку, рибосоми, лізосоми, клітинний центр.

<sup>1</sup> Тут і далі терміни подано за новими міжнародними анатомічною і гістологічною номенклатурами; в дужках дано колишню назву.



Рис. 3. Загальний план будови клітини.



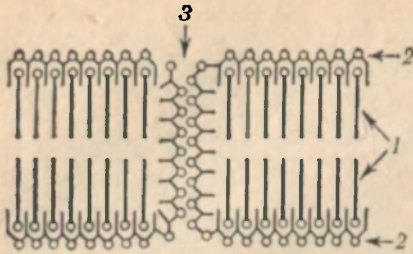


Рис. 4. Схема молекулярної організації цитоплазматичної мембрани:

1 — бімолекулярний шар ліпідів; 2 — мономолекулярні шари білка; 3 — пора.

ядра часто повторює форму клітини. Ядро відокремлене від цитоплазми оболонкою, яка складається із зовнішньої та внутрішньої ядерних мембран. Оболонка ядра містить мікроскопічних розмірів пори, крізь які легко проходять молекули білків, нуклеотидів, амінокислот, і таким чином здійснюється активний обмін між цитоплазмою і ядром.

Внутрішня частина ядра заповнена ядерним соком. Тут розташовані хромосоми і ядерця (одне або два).

За допомогою електронного мікроскопа вдалося встановити, що мембрани клітин тришарові (рис. 4). Зовнішній і внутрішній шари складаються із молекул білків, які розташовані в один ряд. Середній шар утворений двома рядами молекул ліпідів. Білки і ліпіди мембрани утворюють своєрідні білково-ліпідні комплекси.

Через мембрану в клітину надходять вода, амінокислоти, глюкоза, мінеральні та інші речовини, які беруть участь в обміні речовин клітини.

Молекули води вільно проходять через мембрани, ймовірно, через пори в них, за рахунок різної концентрації. На поглинання або виведення води клітина енергії не витрачає.

Транспорт амінокислот, глюкози та інших речовин здійснюється через мембрану вибірково, із затратою енергії і використанням спеціальних переносників. Це активний процес, який пов'язаний з вибірковою проникністю клітинних мембран.

Лізосоми відносять до універсальних органелів цитоплазми. Це мембранний мішок, заповнений травними ферментами. Лізосоми округлої форми, їхня мембрана має типову тришарову будову. Ферменти, які містяться в лізосомах, здатні розщеплювати білки, нуклеїнові кислоти, кислоти, полісахариди. Крім того, за рахунок ферментів лізосом можуть перетравлюватися при відмиранні окремі структури клітини, а також цілі відмерлі клітини.

Особливо багаті на лізосоми зернисті лейкоцити (їхня зернистість не що інше, як скупчення лізосом).

До органелів спеціального призначення належать міофібрили — скоротливі елементи м'язових клітин, нейрофібрили нервових клітин, війки і джгутики — органели руху. У ссавців і людини війками забезпечені клітини дихального епітелію. За допомогою джгутиків рухаються сперматозоїди — чоловічі статеві клітини.

**Ядро.** Ядро — обов'язкова частина будь-якої клітини, яка має здатність ділитися. Форма

У лізосомах великі молекули білків, нуклеїнових кислот, ліпідів під дією ферментів розщеплюються на «будівельні блоки» (амінокислоти, глюкозу, нуклеотиди), гліцерин і жирні кислоти. Ці речовини переміщуються по цитоплазмі, найчастіше по каналах ендоплазматичної сітки.

Ендоплазматичну сітку було відкрито порівняно недавно (1945—1946) за допомогою електронного мікроскопа. Вона являє собою складну систему каналців і цистерн, які обмежені мембранами. Мембрани ендоплазматичної сітки мають типову тришарову структуру.

В багатьох клітинах на зовнішній поверхні мембрани ендоплазматичної сітки розташовані численні гранули. Це — рибосоми. Є ділянки ендоплазматичної сітки, де рибосом немає. У зв'язку з цим розрізняють два типи ендоплазматичної сітки: гладеньку і шорстку, або гранулярну.

Шорстка ендоплазматична сітка особливого розвитку досягає в клітинах організму, що росте, в нервових клітинах, клітинах, які синтезують гормони, травні ферменти. Встановлено, що гранулярна ендоплазматична сітка бере активну участь у синтезі білків.

Гладенька ендоплазматична сітка особливо розвинена в клітинах, які синтезують глікоген і ліпіди (клітини сальних залоз, клітини печінки).

Рибосоми клітин дуже маленькі, їх можна побачити тільки в електронний мікроскоп.

Більшість рибосом розташовується, як зазначено вище, на мембранах шорсткої ендоплазматичної сітки (клітини печінки, підшлункової залози). В клітинах, де шорстка ендоплазматична сітка розвинена слабо, рибосоми вільно розташовуються в основній речовині цитоплазми. Є рибосоми і в клітинному ядрі.

До складу рибосом входять білок і рибосомальна РНК. До рибосом із основної речовини цитоплазми безперервно надходять за допомогою транспортної РНК амінокислоти, із яких синтезуються білкові молекули.

У рибосомах, які містяться в ядрі, відбувається синтез ядерних білків.

Найбільш активна роль у синтезі білка належить рибосомам, які пов'язані з мембранами ендоплазматичної сітки. Мабуть, ці органоїди являють собою пов'язаний один з одним апарат синтезу і транспорту білка, який продукується клітиною.

**Внутрішній сітчастий апарат.** Важливу роль у секреторній і синтетичній діяльності клітин виконує один з найважливіших органоїдів — внутрішній сітчастий апарат, який зустрічається в усіх тваринних і рослинних клітинах. У багатьох клітинах цей апарат має форму складної сітки, яка розташована навколо ядра (нервові клітини). Взагалі будова внутрішнього сітчастого

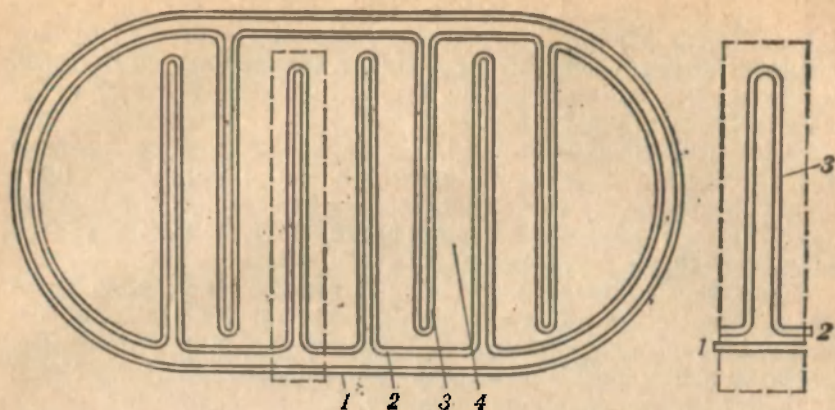


Рис. 5. Схема будови мітохондрії:

1 — зовнішня мембрана мітохондрії; 2 — внутрішня мембрана; 3 — складки внутрішньої мембрани, або кристи; 4 — матрикс.

апарата дуже варіює не тільки в окремих клітинах, а й навіть в тій самій клітині.

У сітчастому апараті утворюються речовини, із яких складаються включення цитоплазми. Вони можуть бути у вигляді краплин жиру чи вуглеводів, які становлять запас живильного чи пластичного матеріалу клітин.

Вважають, що із білків і ліпоїдів, які надходять у порожнини внутрішнього сітчастого апарата, формуються білково-ліпідні комплекси, які клітина використовує для заміни старіючих клітинних мембран, мембранних структур самого апарата, шорсткої і гладенької ендоплазматичних сіток та інших мембранних структур клітини.

Мітохондрії — силові станції клітини, що заслуговують на особливу увагу. Кількість їх у клітині різна: від 2...3 до кількох тисяч. Це залежить від функціонального стану клітини. Так, при відносному спокої у печінковій клітині нараховують близько 900 мітохондрій. Споживання їжі, яка зумовлює посилення жовчоутворення і жовчовиділення, веде до збільшення кількості мітохондрій у клітинах печінки в 1,5...2 рази.

За формою мітохондрії можуть бути округлі, овальні, подовжені, паличкоподібні чи ниткоподібні. Зміни форми мітохондрій відбуваються при зміні осмотичного тиску, температури, рН середовища та інших впливів на клітину.

Електронний мікроскоп дав змогу побачити складну структуру мітохондрій. Виявилось, що мітохондрія має двошарову білково-ліпоїдну мембрану, яка має таку саму будову, як і клітинна мембрана. Під зовнішньою мембраною мітохондрій міститься внутрішня, яка також має типову будову (рис. 5).

Внутрішня мембрана утворює вирости, спрямовані всередину

мітохондрій. Ці вирости називають гребенями, або кристами. Кристи збільшують поверхню мітохондрій. Внутрішній простір мітохондрій, в якому розташовуються кристи, заповнений матриксом.

У складі мітохондрій виявлені білки, ліпіди і нуклеїнові кислоти. В них міститься також велика кількість ферментів, які беруть активну участь в енергетичному обміні клітини.

У мітохондріях відбувається утворення АТФ (аденозинтрифосфорної кислоти).

АТФ — універсальний акумулятор енергії у клітині. Під впливом фермента АТФ-ази в молекулі АТФ розриваються внутрішньомолекулярні зв'язки між Р і  $O_2$ , при цьому вивільняється значна кількість енергії. Завдяки багатим на енергію фосфатним зв'язкам в АТФ жива клітина має зручну форму зберігання енергії, і в разі потреби ця енергія швидко вивільнюється і використовується для життєдіяльності клітини. Енергія, що знаходиться в АТФ клітини, використовується для всіх процесів обміну, які відбуваються в клітині (синтез білків, жирів, самої АТФ, вуглеводів, скорочення, проведення збудження, секреція і т. п.). АТФ утворюється в результаті анаеробного розпаду глюкози на мембранах гладенької ендоплазматичної сітки. Всередину мітохондрії безперервно надходять продукти біологічного окислення. Спеціальні ферменти-переносники здійснюють пересування через мітохондріальну мембрану синтезованих молекул АТФ.

Мітохондрії розташовані в клітині поблизу джерел «метаболічного палива» або по сусідству від структур, яким необхідна АТФ. Так, в епітеліальних клітинах мітохондрії розташовуються за напрямом руху секрета, для утворення якого потрібна АТФ. В активно функціонуючих м'язових клітинах вони орієнтовані вздовж міофібрил. Разом з тим вони іноді накопичуються біля жирових включень, що використовуються як «метаболічне паливо».

**Спадковий апарат клітини. Роль ДНК і РНК в передачі спадкової інформації.** В 1863 р. швейцарський вчений Фрідріх Мішер виділив із ядер клітин гною, який витікав із ран, незвичайну речовину, що має у своєму складі фосфор, яку він назвав нуклеїном (від лат. *nucleus* — ядро). Хоча дуже швидко було встановлено, що нуклеїнові кислоти не тільки входять до складу клітинних ядер, а й розподілені по всій клітині, їх назва збереглась і до нашого часу.

Є два типи нуклеїнових кислот — дезоксирибонуклеїнова (ДНК) і рибонуклеїнова (РНК). Нуклеїнові кислоти знаходяться в клітинах у зв'язаному з білками вигляді. Комплекси нуклеїнових кислот з білками називають нуклеопротейдами.

**ДНК.** Американський хімік Джеймс Уотсон і англійський біохімік Френсіс Крік в 1953 р. розшифрували структуру ДНК,

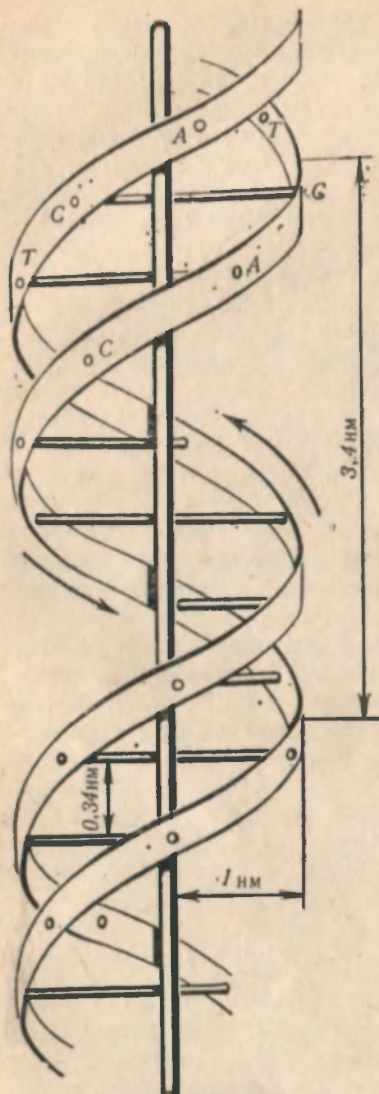


Рис. 6. Схема будови молекули ДНК, яка складається із двох спірально закручених полінуклеотидів. Скелет із залишків фосфорної кислоти і дезоксирибози, зображений у вигляді двох стрічок. Перекладнини між ними зображують пари азотистих основ (за Дж. Уотсоном і Ф. Кріком).

за що були удостоєні Нобелівської премії. Молекула ДНК (рис. 6) складається з двох полінуклеотидних ланцюгів, закручених один навколо другого і навколо якоїсь загальної для обох ланцюгів осі. Довжина такої спіралі в 50 разів і більше перевищує найбільшу білкову молекулу.

Молекулярна маса ДНК досягає десятків мільйонів.

Молекула ДНК — полімер, що складається з багатьох мономерних ланцюгів — нуклеотидів. Кожний нуклеотид являє собою продукт сполучення трьох компонентів: 1) органічної азотистої основи; 2) простого вуглевода — пентози; 3) фосфорної кислоти.

До складу ДНК входять 4 різних види нуклеотидів. Нуклеотиди розрізняються тільки за структурою першого компонента, тобто за азотистою основою, решта частин молекули в усіх чотирьох нуклеотидах однакові.

Кістяк спіралі ДНК становлять залишки фосфорної кислоти і пентози. До кожного радикалу цукру — дезоксирибози — приєднується одна з чотирьох азотистих основ: тимін (Т), цитозин (Ц), гуанін (Г) і аденін (А).

Між азотистими основами двох ланцюгів існують нетривні водневі зв'язки. Вони утримують два ланцюги разом. Характерно, що кожна азотиста основа одного ланцюга специфічно приєднується до свого «партнера» іншого ланцюга: аденін (А) з'єднується тільки з тиміном (Т), а гуанін (Г) — з цитозином (Ц) потрібним водневим зв'язком. Ділянку молеку-

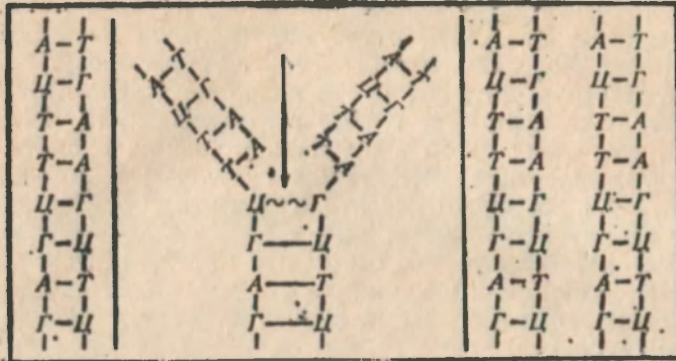
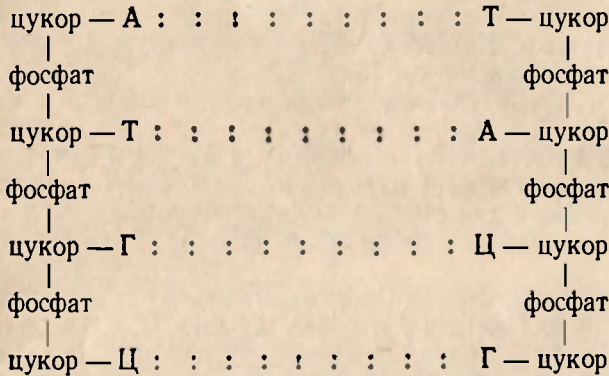


Рис. 7. Схема редуплікації ДНК.

ли ДНК з цими водневими зв'язками між основами можна схематично зобразити так:



Було встановлено, що в подвійній спіралі ДНК проти аденіну одного ланцюга розташований тимін другого, проти цитозину — гуанін. Отже, два ланцюги ДНК доповнюють один одного. В цих парах нуклеотиди комплементарні один одному (від лат. *complementum* — доповнення).

Завдяки принципу комплементарності в структурі ДНК зрозуміло, як синтезуються нові молекули ДНК при поділі клітини. Це пов'язано із здатністю молекули ДНК до редуплікації (самоподвоєння), що і лежить в основі передачі спадкових властивостей від материнської клітини до дочірніх.

Редуплікація молекул ДНК відбувається у клітині перед її поділом (рис. 7). При цьому спіраль ДНК, що складається з двох ланцюгів, починає з одного кінця розходитись, і на кожному ланцюгу, як на матриці, збирається новий ланцюг із мономерів, які містяться у цитоплазмі. При цьому до аденіну приєднується тимін, а до гуаніну — цитозин. В кінцевому резуль-

таті утворюються дві нові подвійні спіралі, тотожні початковій. Один ланцюг у кожній новоутвореній молекулі ДНК походить із початкової молекули, а другий синтезується знову.

**РНК.** В структурі РНК немає подвійної спіралі. Молекули РНК нагадують фрагмент одного з ланцюгів ДНК. РНК теж полімер, до складу якого в різних комбінаціях входять 4 нуклеотиди. Нуклеотиди РНК також складаються із азотистих основ, цукру і фосфорної кислоти. Три азотисті основи, що входять до складу РНК, такі ж, як і у ДНК — аденін, гуанін, цитозин. Четвертою азотистою основою в молекулі ДНК є тимін, а в РНК замість тиміну міститься дуже близький до нього структурно урацил (У). Тимін відрізняється від урацилу метильною групою.

РНК від ДНК відрізняється і характером вуглеводів у нуклеотидах: у ДНК вуглевод дезоксирибоза, у РНК — рибоза. Дезоксирибоза відрізняється від рибози відсутністю одного атома кисню.

Існує кілька видів РНК. Транспортні РНК (тРНК) містяться у цитоплазмі. Вони доставляють амінокислоти до місця синтезу білків — рибосом. Кожний із 20 амінокислот, які входять до складу білків, відповідає особлива транспортна РНК.

Рибосомна РНК (рРНК) входить до складу рибосом і становить до 50% їхньої маси.

Інформаційні РНК (іРНК) містяться і в ядрі, і в цитоплазмі. Вони утворюються в ядрі на хромосомах і точно копіюють послідовність нуклеотидів ядерної ДНК. Інформаційна РНК потрапляє із ядра в цитоплазму до місця синтезу білка в рибосомі.

**Спадковий апарат клітини.** Спадковим апаратом будь-яких клітин, в тому числі і клітин організму людини, є ДНК. ДНК локалізується в ядрі клітини, де вона утворює структури, що називаються хромосомами. ДНК хромосом містить у зашифрованому вигляді спадкову інформацію. Саме ДНК передає спадкову інформацію від батьківської клітини до дочірньої.

Запис інформації можливий тільки при наявності коду, що складається із окремих «символів». Такими «символами» в молекулі ДНК є нуклеотиди. У гігантській молекулі ДНК, яка складається із кількох тисяч послідовно розташованих нуклеотидів, закодований, «зашифрований» запис структур ряду молекул білка. Довга ниткоподібна молекула ДНК складається із ряду ділянок, які ідуть одна за одною. Кожна з них містить інформацію про структуру будь-якого одного білка.

Вам, напевно, знайома азбука Морзе. У коді Морзе лише три знаки (крапка, тире і знак пропуску). Кожній букві алфавіту відповідає певна комбінація цих трьох знаків. Дещо подібне можна побачити і в молекулі ДНК. Тут роль кодових знаків, або символів, виконують чотири види нуклеотидів, які багаторазово повторюються в полінуклеотидному ланцюгу ДНК. Нук-

леотиди, як уже говорилося, позначають початковими буквами назв азотистих основ: аденіну — А, тиміну — Т, гуаніну — Г, цитозину — Ц.

У білках виявлено 20 амінокислот, і кожна з них закодована в молекулі ДНК певним сполученням послідовно розташованих нуклеотидів. Кожній амінокислоті відповідає ділянка ДНК із трьох нуклеотидів, що стоять поруч. Так, фрагмент А—Ц—Ц відповідає амінокислоті триптофану, ділянка Ц—А—Ц — метіоніну і т. д. Таким чином, кодова група для кожної із 20 амінокислот складається із трьох нуклеотидів (триплет) (ААА, ГЦГ, ТГА і т. п.). Послідовність розташування амінокислот у структурі білка кодується на ДНК послідовністю розташування триплетів.

Ділянки молекул ДНК, у послідовності нуклеотидів яких закодована програма про будову певного, необхідного для життя клітини білка, називають генами.

Отже, ядерна ДНК, яка виникла в ході тривалої еволюції, є носієм спадкової інформації клітин.

Але ДНК міститься в клітинному ядрі, а синтез білка, специфічного для даної клітини, відбувається в основному у цитоплазмі, в дрібних її органоїдах — рибосомах.

Яким же чином інформація передається рибосомам? Це здійснюється за допомогою інформаційної РНК. Послідовність нуклеотидів в іРНК відображує структуру однієї з ділянок ДНК. В цьому разі говорять, що інформація про структуру білків, яка міститься в молекулі ДНК, ніби переписується на іРНК. Цей процес називають транскрипцією (від лат. *transcriptio* — переписування).

Молекули іРНК транспортуються в рибосоми, де, як на матриці, відбувається складання білкової молекули з амінокислот, які містяться у цитоплазмі. Амінокислоти, що йдуть на будову білків, спочатку активуються, взаємодіючи з АТФ, за участю специфічних ферментів.

Активовані амінокислоти переносяться на молекули транспортних РНК. Для різних амінокислот існують свої тРНК. Амінокислота приєднується до тРНК за допомогою багатого на енергію фосфатного зв'язку. В рибосомах тРНК звільняється від зв'язку із амінокислотою; тРНК працюють подібно човнику, приносячи активовані амінокислоти в рибосоми і потім покидаючи їх.

Таким чином, спадкова інформація, яка міститься в ДНК, реалізується в структурах білків і визначає їхню специфічність.

**Поділ клітин.** Ріст і розвиток багатоклітинних організмів пов'язані з поділом клітин. За 24 год у людини гине і знову виникає  $5 \cdot 10^{11}$  клітин. Клітини крові, епітелію, кісткової тканини заміняються повністю за рік. Оскільки в будь-якій клітині, яка не ділиться, в хромосомах один набір ДНК, то, утворюючи



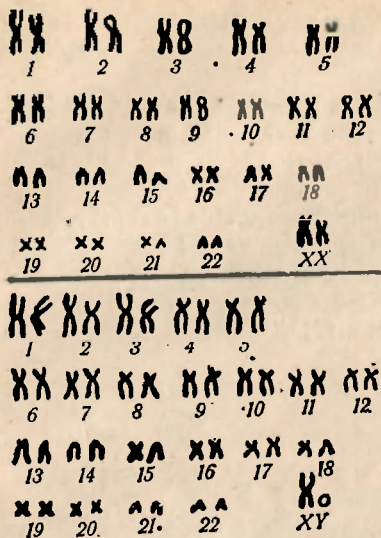


Рис. 8. Хромосоми жінки (вгорі) і чоловіка (внизу).

ника» (гомолога), а вся сукупність хромосом являє собою подвійний, чи, як прийнято говорити, диплоїдний, набір. 46 хромосом у клітинах людини становлять 23 пари (рис. 8).

Із 23 пар хромосом людини 22 пари (з 1-ї до 22-ї) однакові у чоловіків і жінок. В 23-й парі хромосом наявне виразне статеве диференціювання: в клітинах тіла жінок знаходяться дві великі, цілком ідентичні одна одній X-хромосоми; у чоловіків є тільки одна X-хромосома, її партнером у чоловіків є маленька Y-хромосома. X- і Y-хромосоми називають статевими хромосомами.

В результаті поділу клітини утворюються дві дочірні, які містять кількість хромосом, однакову з початковою клітиною. При цьому між дочірніми клітинами рівномірно розподіляються цитоплазма і органоїди клітини.

### Статеві клітини. Особливості їхньої будови і розвитку

Особливості будови статевих клітин. На відміну від решти клітин тіла людини статеві клітини містять одиночний, або гаплоїдний, тобто зменшений вдвое, набір хромосом (23). Всі хромосоми, за винятком статевих, називають аутосомами. Аутосоми визначають всі ознаки організму, крім статевих. Останні залежать від статевих хромосом (X- і Y-хромосоми в чоловічих статевих клітинах, X- і X-хромосоми — в жіночих статевих клітинах).

собі подібну, клітина подвоює на початку число молекул ДНК в кожній хромосомі, що й відбувається в період підготовки клітини до поділу.

Перед поділом клітина (а цей період продовжується в різних клітинах від 10—12 год до 20 діб) у клітині відбувається подвоєння числа хромосом, утворюється запас енергії, накопичуються структурні білки.

Число хромосом — одна з найбільш постійних видових ознак. В клітинах гороху міститься 14 хромосом, у річкового рака — 116. В клітинах людини — 46 хромосом.

Найбільш схожі між собою хромосоми, які мають однакову будову, називають гомологічними. Кожна хромосома має «двій-

Організм людини розвивається із заплідненого яйця, яке утворюється в результаті злиття двох статевих клітин: чоловічої — сперматозоона і жіночої — яйцеклітини (рис. 9). Статеві клітини утворюються в статевих залозах.

Дитина народжується із специфічними для даної статі статевими залозами і статевими органами — внутрішніми і зовнішніми.

У заплідненій яйцеклітині людини міститься диплоїдний набір хромосом (46). При дробленні заплідненого яйця і кожному наступному поділу клітин (цей процес називають мітозом) хромосоми подвоюються, і кожна з парних хромосом розходиться в дочірні клітини, кожна з яких одержує по 46 хромосом. Якби сперматозоон і яйцеклітина містили диплоїдний набір хромосом, то після їх злиття запліднене яйце мало б 92 хромосоми. Насправді таке не відбувається.

У процесі еволюції виник і розвинувся особливий механізм, який підтримує постійне число хромосом при заплідненні. Цей механізм пов'язаний з особливим типом клітинного поділу, завдяки якому в статеві клітини потрапляє гаплоїдний набір хромосом.

При дозріванні статевих клітин відбуваються два поділи, що швидко ідуть один за одним, в результаті чого число хромосом скорочується вдвоє. Процес поділу клітин, який веде до зменшення числа хромосом вдвоє, називають мейозом.

Таким чином, і чоловіча і жіноча зародкові клітини мають половинний набір хромосом. При заплідненні утворюється зигота з повним набором хромосом, із якої розвивається організм дитини.

**Чоловічі статеві клітини.** Чоловічі статеві клітини — сперматозоони (рис. 9, А), утворюються у великій кількості в чоловічих статевих залозах — яєчках (рис. 10). Яєчка містяться за тазом, в шкірно-м'язовому мішкоподібному утворенні — мошонці, яка є зменшеною частиною передньої черевної стінки.

Яєчко — парна статева залоза. Вона виробляє чоловічі статеві клітини — сперматозоони і статевий гормон тестостерон, який справляє стимулюючий вплив на ріст чоловічих статевих органів і розвиток вторинних статевих ознак.

Яєчко дорослої людини має масу 20...30 г, у дітей 8...10 років — 0,8 г, 15 років — 7 г. Зовні яєчко вкрите фіброзною оболонкою, від внутрішньої поверхні якої вздовж заднього краю в нього вклиняється розрощення сполучної тканини. Від цього розрощення розходяться тонкі сполучні перетинки, які поділяють залозу на 200...300 часточок. У часточках розрізняють сім'яні каналці і проміжну сполучну тканину.

До заднього краю яєчка прилягає його придаток, від якого тягнеться сім'явиносна протока довжиною 45...50 мм. У головку придатка з яєчка проходить 10...12 тонких вивідних

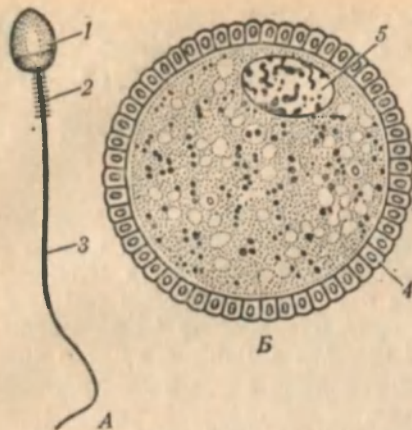
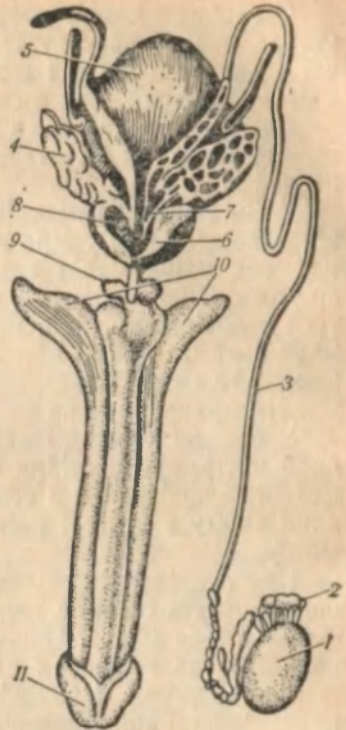


Рис. 9. Статеві клітини:

А — сперматозоон; Б — яйцева клітина; 1 — головка сперматозоона; 2 — середній, або зв'язуючий, відділ; 3 — хвіст сперматозоона; 4 — фолікулярні клітини, які оточують яйце; 5 — ядро яйцевої клітини.

Рис. 10. Чоловічі статеві органи:

1 — яечко; 2 — придаток яєчка; 3 — сім'яносна протока; 4 — сім'яний міхурець; 5 — сечовий міхур; 6 — передміхурова залоза; 7 — отвір сім'яносної протоки; 8 — сечовід; 9 — куперові залози; 10 — печеристі тіла сечовода; 11 — головка статевого члена.



канальців — протоків придатка. Цими канальцями із яєчка виводиться сім'я.

У сім'яних канальцях яєчка з настанням статевої зрілості відбувається утворення сперматозоонів (сперматогенез). Протягом всього періоду статевої активності організму яєчко виробляє сперматозоони безперервно, але виділяються вони у зовнішнє середовище лише у певні моменти.

Зрілий сперматозоон (див. рис. 9) складається з головки, шийки і хвоста, скорочення якого забезпечують рух сперматозоона. Швидкість руху його 3...4 мм/хв. Остаточне дозрівання і накопичування сперматозоонів відбувається у придатку яєчка і сім'яних міхурцях.

З часу дозрівання організму підлітка у звивистих канальцях яєчок зароджуються в день мільйони сперматозоонів. За один раз їх може викидатися близько 500 млн. і більше. Зрілі сперматозоони у чоловічому організмі можуть жити близько місяця, потім вони старіють і руйнуються.

При статевому збудженні сперматозоони, які накопичились у придатку яєчка, разом із секретом придатків, рухаються по сім'яносній протоці до сім'яних міхурців. Секрет придатків

розріджує середовище, забезпечуючи велику рухливість сперматозоонів, а крім того, живить сперматозоїди не тільки всередині сім'яного міхурця, а й під час виверження сім'я. Під час статевого збудження одночасно виробляється і секрет передміхурової залози, яка охоплює з обох боків сечовипускний канал при його виході із сечового міхура. Секрет залози активізує рухливість сперматозоонів.

В момент найбільшого статевого збудження у задній відділ сечовипускного каналу викидаються спочатку виділення передміхурової залози, потім сперматозоони і, нарешті, виділення сім'яних міхурців. Секрет передміхурової залози і сім'яних міхурців, змішуючись із сперматозоонами, утворює сперму. З кожного статевим актом виділяється 1...6 см<sup>3</sup> сперми. Сперма виділяється через зовнішній отвір сечовипускного каналу, який відкривається на голівці статевого члена.

Шкіра статевого члена біля основи голівки утворює складку — крайню плоть. На внутрішній поверхні її розташовуються різної величини сальні залози, секрет яких бере участь в утворенні білуватого «мастила».

**Жіночі статеві клітини.** Статевою залозою жінки є яєчник. Це — парна жіноча статеві залоза, яка розташована біля верхнього входу в малий таз по обидва боки від матки (рис. 11).

Яєчник складається з двох шарів — кіркового і мозкового. У кірковому шарі утворюються яйцеклітини. Мозковий шар складається із сполучної тканини, яка містить кровоносні судини і нерви.

У яєчнику виробляються яйцеклітини (див. рис. 9) — жіночі статеві клітини, із яких в результаті запліднення розвивається новий організм.

В яєчнику виробляються статеві гормони, від яких залежить не тільки діяльність статевих органів жінки, а й нормальна життєдіяльність всього жіночого організму.

При народженні дівчинки в її яєчниках в товщі сполучнотканинної основи нараховується від 30 000 до 400 000 незрілих клітин — первинних фолікулів. Фолікул має вигляд міхурця із

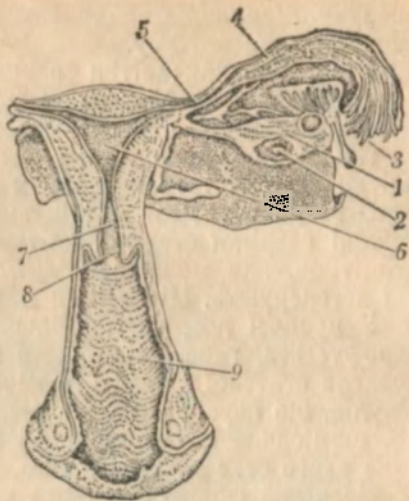


Рис. 11. Внутрішні статеві органи жінки (розріз):

1 — яєчник; 2 — пухирчастий яєчниковий фолікул; 3 — внутрішній отвір маткової труби; 4 — маткова труба; 5 — місце впадіння труби в матку; 6 — порожнина тіла матки; 7 — канал шийки матки; 8 — зовнішній отвір матки; 9 — піхва.

сполучнотканинною оболонкою і являє собою групу клітин, що оточують яйцеклітину.

Утворення яйцеклітин (овогенез) порівняно із сперматогенезом має деякі особливості. Яйцеклітини дозрівають в незмірно меншій кількості, ніж сперматозоони. Розмноження відбувається тільки в ембріональному яєчнику, і новоутворення первісних клітин закінчується незабаром після народження дівчинки.

В результаті двох послідовних поділів (фаза дозрівання) із кожної незрілої статевої клітини утворюється одна велика яйцеклітина, яка може запліднюватися, і три маленькі клітини, які дегенерують. Ці клітини мають гаплоїдний набір хромосом.

У процесі дозрівання більша частина первинних фолікулів атрофується, гине, не досягнувши повного розвитку. У жінки, яка досягла статевої зрілості, в яєчнику нараховується 400...500 фолікулів, що перебувають на різних стадіях розвитку. Як правило, щомісячно повної зрілості досягає один фолікул, яйцеклітина якого стає здатна запліднюватися.

Дозрілий фолікул починає випинатися на поверхні яєчника, стінка фолікула потоншується, і міхурець розривається. Із міхурця, який розірвався, у порожнину черева (біля черевного отвору маткової труби) викидається яйцеклітина і фолікулярна рідина. Цей процес називають овуляцією.

Порожнина міхурця, що лопнув, з часом заповнюється клітинами, які містять жирову речовину жовтого кольору. Так виникає жовте тіло, що відіграє роль залози внутрішньої секреції. Жовте тіло продукує гормон прогестерон. Він утворюється також у плаценті і в корі надниркових залоз. Прогестерон створює в організмі умови для розвитку і виношування плоду.

Маткова труба — парний трубчастий орган, по якому яйцеклітина проходить із яєчника до матки. Маткові труби прикріплюються до верхнього краю тіла матки. Довжина маткової труби дорослої жінки близько 10...20 см. У кожній трубі два кінці — матковий і черевний. Кінець маткової труби, спрямований в бік яєчника, розширений у вигляді лійки і по краях має бахромки.

Внутрішня поверхня маткової труби вислана миготливим епітелієм, війки разом із скороченнями м'язової стінки труби та м'язів живота і таза допомагають пересуванню яйцеклітини у матку.

При заплідненні в матковій трубі відбувається злиття яйцеклітини і сперматозоона — чоловічої статевої клітини. Ось чому непрохідність труб, яка виникає в результаті запального процесу і абортів, позбавляє жінку можливості бути матір'ю.

Матка — м'язовий порожнистий орган, розташований в області малого таза жінки. Верхню, ширшу, частину матки називають тілом. Спереду до матки прилягає сечовий міхур, а ззаду — пряма кишка.

Матка — дітородний орган, у ній розвивається і виношується плід. Зсередини вона вислана слизовою оболонкою, багатою на кровоносні судини.

Коли яйцеклітина дозріває і на місці міхурця, що лопнув, утворюється жовте тіло, його гормон прогестерон викликає зміни в матці: слизова оболонка її набухає, сильно наповнюючись кров'ю. Створюються умови для імплантації заплідненого яйця і розвитку зародка. Якщо дозріла клітина не запліднилась, то через кілька днів вона гине. Жовте тіло зазнає зворотного розвитку, тобто поступово зникає. Так припиняється виділення прогестерону — секрету залози. Слизова оболонка матки, що набухла і розрослася, розпадається, відділяється, її кровоносні судини лопаються, і кров разом з частинками слизової оболонки через матковий зів і піхву виділяється назовні. Це і є менструація (від лат. *mens* — місяць). Вона повторюється у більшості дівчат і жінок приблизно через кожні 28 днів.

Статевий цикл у жінок поділяється на чотири періоди:

1) період спокою (відбувається відновлення слизової оболонки матки протягом 7...8 днів);

2) передовуляційний період. В цей період відбувається підготовка до вагітності: матка стає повнокровою, слизова оболонка піхви розростається;

3) секреторний, або овуляційний, період. В цей період, який відповідає дозріванню і розриву зрілого фолікула, відбувається виділення секрету, багатого на слиз і глікоген, у слизовій оболонці матки. Овуляційний період починається з моменту розриву зрілого фолікула, виходу із нього яйцеклітини і її руху по матковій трубці в матку. В період проходження яйцеклітини по матковій трубці може виникнути її запліднення. Запліднене яйце, потрапляючи в матку, прикріплюється до її слизової оболонки. Статевий цикл на цьому переривається і настає вагітність. Для доведення яйцеклітини по трубці до матки потрібно 3...6 діб;

4) період відділення, або післяовуляційний, що триває в середньому 3...5 днів, протягом яких матка тонічно скорочується, її слизова оболонка відділяється невеликими шматками, при цьому виділяється 50...150 см<sup>3</sup> крові. Останній період настає тільки при відсутності запліднення, у жінок в цей період з'являється менструація.

Піхва — сплюснена м'язова трубка, розташована у малому тазу, довжина її близько 8...9 см, ширина 2...3 см. Стінки піхви зсередини вкриті слизовою оболонкою, дуже ніжною, легкоранимою і чутливою до різних інфекцій у дівчаток і дівчат. Звичайно у піхві є невелика кількість виділень білого і злегка жовтого кольору. Піхва закінчується між соромітними губами (малими, внутрішніми, і великими, зовнішніми).

Великі і малі статеві губи, лобок, клітор і дівочу плівку відносять до зовнішніх статевих органів.

Лобок — це підвищення в нижній частині передньої черевної стінки завдяки великому розвитку в цій області підшкірної жирової клітковини. В період статевого дозрівання на лобку виростає волосся.

Від лобка вниз розташовані великі статеві губи — довгасті утворення шкіри, між якими знаходиться статеві щілина. В нижній третині кожної статевої губи міститься залоза, яка виробляє тягучу світло-сіру речовину, що зволожує статеву щілину. Зовнішня поверхня великих статевих губ вкрита волоссям і має велику кількість потових і сальних залоз. У верхньому кутку статевої щілини розташований клітор. Це невелике утворення, багате на кровоносні судини і нерви, а тому досить чутливе. Назад донизу від клітора йдуть дві малі губи — складки тонкої і ніжної шкіри.

Великі і малі губи прикривають вхід до піхви. Біля входу до піхви знаходиться дівоча пліва (гімен). Це тонка перетинка з великою кількістю кровоносних судин і нервових волокон, тому розрив гімена болісний і звичайно супроводжується кровотечею. Вважається, що дівоча пліва до її розриву виконує гігієнічну роль, заважаючи інфікуванню і забрудненню піхви.

До початку статевого життя у дівочій пліві є один чи кілька невеликих отворів різної форми (кільцеподібної, кільподібної, бахромчастої, зірчастої та ін.). Через них у дівчат, які досягли статевої зрілості, зливається кров у період менструації.

В дуже рідких випадках зустрічається природжена повна відсутність дівочої пліви або, навпаки, зарощення її. Іноді дівоча пліва заростає внаслідок перенесених у дитинстві інфекційних захворювань. В тих випадках, коли дівоча пліва не має отворів, удаються до хірургічного втручання, щоб дати можливість відтікання менструальної крові.

Розрив дівочої пліви відбувається при першому статевому акті. Під час пологів вона руйнується повністю.

**Запліднення.** Заплідненням називають злиття чоловічої та жіночої статевих клітин, в результаті чого виникає зигота (запліднена яйцеклітина). Запліднення найчастіше відбувається в розширенні маткової труби. Сперматозоони, що злилися із спермою у піхву, завдяки своїй винятковій активності і рухливості просуваються в порожнину матки, проходять її до маткових труб і в одній з них зустрічаються із зрілою яйцеклітиною. Тут сперматозоон (один із багатьох) проникає в яйцеклітину і запліднює її.

У процесі запліднення треба розрізняти два основні етапи:

- 1) проникнення сперматозоона через оболонки яйцеклітини і
- 2) злиття ядер обох клітин.

Сперматозоон вносить в яйцеклітину спадкові властивості, характерні для чоловічого організму, що містяться у закодованому вигляді в хромосомах чоловічої статевої клітини.

Вище ми уже говорили, що зрілі статеві клітини мають гаплоїдний (одинарний) набір хромосом (у людини — 23). У заплідненій яйцеклітині (зиготі) відновлюється диплоїдний набір хромосом.

**Розвиток заплідненої яйцеклітини, зародка і плоду.** Розвиваючись, запліднене яйце продовжує свій рух по матковій трубці до матки, куди воно потрапляє приблизно через 3...6 днів після запліднення.

В перші 3...4 доби після запліднення в міру руху до матки починається дроблення заплідненої яйцеклітини. Після того як запліднене яйце починає ділитися, його називають ембріоном. Дроблення відбувається повільно. На четверту добу зародок складається з 7...12 бластомерів (бластомери — клітини, які утворюються в результаті дроблення).

В момент проникнення заплідненого яйця до матки зовнішній шар клітин яйця, що дробиться, перетворюється на так званий трофобласт, а внутрішній — на ембріобласт. З ембріобласта утворюється зародок. Трофобласт являє собою оболонку, яка здійснює імплантацію до матки і живлення зародка. На трофобласті утворюються вирости (ворсини), які спочатку вкривають всю поверхню зародка і не мають кровоносних судин. Клітини трофобласта виділяють ферментоподібні речовини, які розчиняють тканини слизової оболонки матки.

У матці, вже підготовленій гормонами яєчника, ворсинки зародка проникають у набряклу слизову оболонку, яка дуже розростається і незабаром закривається над зародком.

Коли слизова оболонка матки «розтоплюється» ферментоподібною речовиною трофобласта, навколо зародка починається тканинний розпад, продукти якого і є для нього живильним середовищем.

Після імплантації (проникнення в стінку матки) зародок швидко росте і розвивається. Зовнішню оболонку зародка з цього часу називають ворсистою оболонкою, або хоріоном.

Між ворсинками і слизовою оболонкою матки утворюється міжворсинчастий простір. У ньому містяться продукти тканинного розпаду і циркулює материнська кров, яка вилилась із зруйнованих судин слизової оболонки. З цієї крові зародок дістає всі необхідні поживні речовини.

Якщо зародок у матці розвивається нормально, то менструація припиняється. Жовте тіло не зникає протягом 5...6 місяців. Воно росте і своїм посиленим гормональним впливом сприяє ростові зародка, а також перешкоджає дозріванню нових яйцеклітин в яєчнику.

На другому місяці вагітності ворсинки на одному боці хоріона зникають (утворюється гладенький хоріон), а на боці, поверненому до стінки матки, в яку проник зародок, дуже розростаються. Ця частина хоріона (гіллястий хоріон) на восьмому — одинадцятому тижні вагітності перетворюється на частину



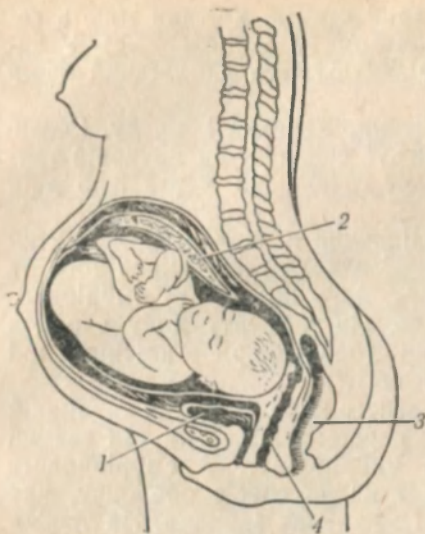


Рис. 12. Положення дитини в утробі матері:

1 — сечовий міхур; 2 — плацента, або послід;  
3 — пряма кишка; 4 — піхва.

плаценти (рис. 12). Ворсинки хоріона становлять основну масу плаценти. Другу частину плаценти утворює видозмінений шар слизової оболонки матки — відпадаюча оболонка. Формування плаценти називають періодом плацентації. З цього періоду зародок, що розвивається, називають плодом.

Плацента — орган, за допомогою якого плід пов'язаний з материнським організмом. Через неї здійснюється живлення плоду, його дихальна і видільна функції. Через плаценту від матері до плоду проникає багато захисних тіл (антитіл). Від плоду відходить пупковий канатик (завдовжки 50...60 см, завтовшки 1,5...2 см), всередині якого проходять

кровоносні судини і нерви. Пупковий канатик з'єднується з плацентою, а остання прикріплюється до стінки матки. Таким чином, зв'язок плоду з материнським організмом здійснюється через плаценту і пупковий канатик.

Плід, що розвивається у матці, знаходиться в особливих оболонках, які утворюють ніби мішок, заповнений навколоплідними водами. Ці води дають змогу плоду вільно рухатися у мішку, забезпечують захист плоду від зовнішніх пошкоджень та інфекцій, а також сприяють нормальному перебігові родового акту. Оболонки, в яких міститься плід, що розвивається, називають послідом.

Нормальна вагітність триває 9 місяців. За цей час із заплідненого яйця мікроскопічних розмірів розвивається дитина масою близько 3 кг і більше і зростом 50...52 см.

Вагітність закінчується пологамі. В результаті напруженої роботи м'язів матки дитина виштовхується в малий таз, потім скорочуються м'язи черевного пресу, і дитина з'являється на світ.

Мати і дитина ще зв'язані пульсуючою пуповиною. Лікар або акушерка спочатку перев'язують пуповину біля живота новонародженого, потім перерізають її. У дитини виникає легеневе дихання. Незабаром після народження дитини із порожнини матки виходить послід.

Через кілька тижнів (а інколи і місяців) після пологів до-

зрівняння яйцеклітин в яєчнику поновлюється, про що свідчить настання менструацій. Жінка знову стає здатною до зачаття дитини.

### **Спадковість і середовище**

Найбільш ушкодзовані стадії розвитку ембріонів належать до того часу, коли формується їхній зв'язок з материнським організмом (стадія імплантації і стадія формування плаценти).

Перший критичний період у розвитку зародка людини — це перший — початок другого тижня після зачаття.

Другий період — третій — п'ятий тижні розвитку, з якими пов'язане утворення окремих органів ембріона людини. В ці періоди поряд із смертністю зустрічаються локальні (місцеві) потворності та пороки розвитку. Формування плаценти як органа відбувається у людини між восьмим і одинадцятим тижнем розвитку зародка — це третій критичний період. В цей період у зародка можуть виявлятися загальні аномалії, включаючи ряд природжених захворювань.

В ембріогенезі звичайно виникає більше зародків чоловічої статі. Так, на першому місяці розвитку зародків чоловічої статі в 6 разів більше, ніж жіночої. В процесі вагітності більшість ембріонів чоловічої статі гине, в результаті чого співвідношення статей вирівнюється.

В критичні періоди розвитку чутливість зародка до недостатнього постачання його киснем і поживними речовинами, до охолодження, перегрівання, іонізуючої радіації підвищена. Потраплення в кров плоду тих або інших шкідливих для нього речовин (лікарські речовини, алкоголь та інші отруйні речовини, які утворюються в організмі при захворюваннях матері, тощо) може спричинити серйозні порушення в розвитку дитини: уповільнення або припинення розвитку, появу різноманітних потворностей, високу смертність зародків.

Відзначено, що голод або недостатність в їжі матері таких компонентів, як вітаміни і амінокислоти, приводять до загибелі зародка або до аномалій його розвитку. Під час другої світової війни і в перші повоєнні роки відмічалось збільшення кількості передчасних пологів і кількості дітей, які народжувалися з аномаліями.

Інфекційні захворювання являють серйозну небезпеку для розвитку плоду. Дія на плід таких вірусних захворювань, як кір, віспа, краснуха, грип, поліомієліт, паротит, виявляється переважно в перші місяці вагітності.

Інша група захворювань, наприклад, дизентерія, холера, сибірська язва, туберкульоз, сифіліс, малярія, впливає на плід здебільшого в другу і останню третину вагітності.

Одним із факторів, який особливо сильно діє на організм, що розвивається, є іонізуюче випромінювання. Непряма дія

радіації на плід (через організм матері) пов'язана із загальними порушеннями фізіологічних функцій матері, а також із змінами, які відбулися в тканинах і судинах плаценти. Найбільшу чутливість до променевих впливів мають клітини нервової системи і кровотворних органів ембріона.

Таким чином, зародок надзвичайно чутливий до зміни умов зовнішнього середовища, в першу чергу до змін, які відбуваються в материнському організмі.

Численні дослідження показали, що фактори зовнішнього і внутрішнього середовища можуть мати негативну дію на потомство не тільки через материнський, а й через батьківський організм.

Неповноцінне харчування, інфекційні захворювання у чоловіків (особливо сифіліс, туберкульоз, бруцельоз тощо) чи хімічні агенти можуть знизити життєдіяльність сперматозоонів чи затримати їхнє дозрівання. Надто негативний вплив на організм чоловіка і розвиток його потомства справляє променева енергія. Її вплив на чоловічу статеву клітину веде до пошкодження в цій клітині хромосомного апарата. Внаслідок цього діти часто народжуються мертвими. Живонароджені діти мають великі порушення у будові серця, судин, мозку та інших органів.

Часто порушується зародковий розвиток в тих випадках, коли батько чи мати страждають на алкоголізм. У хронічних алкоголіків діти часто народжуються з ослабленими розумовими здібностями. Алкоголь згубно діє як на статеві клітини до запліднення, так і на плід, який розвивається.

---

## РОЗДІЛ III

### **Фізіологія нервової системи**

#### **Загальний план будови і розвитку нервової системи**

**Значення нервової системи.** Нервова система забезпечує взаємозв'язок між окремими органами і системами органів і функціонування організму як єдиного цілого. Вона регулює і координує діяльність різних органів, пристосовує діяльність всього організму як цілісної системи до мінливих умов зовнішнього і внутрішнього середовища. За допомогою нервової системи здійснюється сприйняття і аналіз різноманітних подразнень із навколишнього середовища і внутрішніх органів, а також відповідні реакції на ці подразнення.

Нервовий механізм регуляції функцій організму є досконаліший, ніж гуморальний. Це забезпечується, по-перше, швидким поширенням збудження по нервовій системі (до 100—120 м/с) і, по-друге, тим, що нервові імпульси надходять до певних органів,

і тому відповідні реакції, які здійснюються за допомогою нервової системи, не тільки швидші, а й точніші, ніж при гуморальній регуляції функцій.

Разом з тим треба мати на увазі, що вся повнота і тонкість пристосування організму до навколишнього середовища здійснюється при взаємодії нервових і гуморальних механізмів регуляції.

**Загальний план будови нервової системи.** Нервова система у функціональному і структурному відношенні поділяється на периферичну, центральну та автономну (вегетативну) нервові системи. Центральна нервова система складається з головного і спинного мозку. Головний мозок міститься всередині мозкового черепа, а

спинний мозок — у хребетному каналі. На розрізі головного і спинного мозку видно ділянки більш темного кольору — сіра речовина і ділянки білого кольору — біла речовина мозку. Сіра речовина утворена тілами нервових клітин; біла складається із скупчень нервових волокон, вкритих мієліною оболонкою.

Периферична частина нервової системи складається із нервів, тобто пучків нервових волокон, які виходять за межі головного та спинного мозку і йдуть до різних органів тіла. До неї належать і нервові вузли, або ганглії, — скупчення нервових клітин поза спинним і головним мозком.

Нервова система функціонує як єдине ціле.

Нейрон — основна структурна і функціональна одиниця нервової системи. Нейрон — це складно побудована висококодиференційована нервова клітина, яка сприймає подразнення, переробляє їх і передає до різних органів тіла. Складність функції нейрона зумовлює особливості його будови. В ньому розрізняють тіло клітини, один довгий, малорозгалужений відросток — аксон, і кілька коротких розгалужених відростків — дендритів (рис. 13).

Аксон відрізняється великою довжиною, від кількох сантиметрів до 1...1,5 м. Кінець аксона дуже гіллястий, тому один аксон може вступати в контакти з багатьма сотнями клітин.

Дендрити — короткі, дуже розгалужені відростки. Від однієї клітини може відходити від 1 до 1000 дендритів.



Рис. 13. Схема нейрона:

А — доцентровий нейрон; Б — відцентровий нейрон; 1 — дендрити; 2 — синапси; 3 — мієлінарний апарат.

Тіло нейрона в різних відділах нервової системи має різну величину (діаметр його від 4 до 130 мкм) і форму (зірчасту, округлу, багатокутну). Тіло вкрите мембраною і містить, як і будь-яка клітина, цитоплазму, ядро з одним чи кількома ядерецями, мітохондрії, рибосоми, внутрішній сітчастий апарат, ендоплазматичну сітку.

Нервові клітини сприймають і переробляють інформацію, яка надходить до них. Щодо відростків тіла клітини — вони виконують трофічну функцію, тобто регулюють у них рівень обміну речовин. Ось чому відділення аксона від тіла нервової клітини або загибель нервової клітини (наприклад, при поліомієліті) зумовлює переродження аксона. По дендритах збудження поширюється від рецепторів або інших нейронів до тіла клітини, а по аксону сигнали передаються до інших нейронів або до робочих органів. Встановлено, що від 30 до 50% нервових волокон передають інформацію в центральну нервову систему від рецепторів. На дендритах є мікроскопічних розмірів вирости (шипички), які значно збільшують поверхню зіткнення з іншими нейронами. Особливого розвитку шипички досягають на клітинах кори великого мозку.

**Нервове волокно.** Відросток нервової клітини, вкритий оболонками, називають нервовим волокном. В центрі нервового волокна проходить осьовий циліндр, вкритий на деякій відстані від тіла нервової клітини (50...100 мкм) мієліновою оболонкою, і тоді таке нервове волокно називають мієліновим нервовим волокном. Більшість нервів, які власне іннервують тіло (м'язи, зв'язки, сухожилля, надкiсницю кісток), є мієліновими. Мієлін має трохи жовтуватий колір, тому мієлінові волокна світлого кольору. Мієлінова оболонка через проміжки рівної довжини переривається, залишаючи відкритими ділянки осьового циліндра. Це вузли нервового волокна (перехвати Ранв'є).

Немієлінові нервові волокна не мають мієлінової оболонки, вони ізольовані один від одного тільки тоненькою безструктурною ендотеліальною оболонкою. Немієлінові нервові волокна тонкі і зустрічаються переважно в нервах автономної нервової системи.

**Вікові зміни морфологічної організації нейрона.** На ранніх стадіях ембріонального розвитку для нервової клітини характерна наявність великого ядра, оточеного незначною кількістю цитоплазми. В процесі розвитку відносний обсяг ядра зменшується. На третьому місяці внутрішньоутробного розвитку починається ріст аксона. Дендрити виростають пізніше аксона. Шипички на дендритах розвиваються в основному після народження.

Ріст мієлінової оболонки веде до підвищення швидкості проведення збудження по нервовому волокну, і, як наслідок цього, зростає збудливість нейрона,

Мієлінізація насамперед відмічається в периферичних нервах, потім вона поширюється на волокна спинного мозку, стовбурну частину головного мозку, мозочок і пізніше на волокна великого мозку. Рухові нервові волокна вкриті мієліновою оболонкою вже до моменту народження. До 3-річного віку в основному завершується мієлінізація нервових волокон, хоча ріст мієлінової оболонки і осевого циліндра триває і після 3 років.

**Нерв.** Скупчення нервових волокон, вкриті зверху сполучнотканинною оболонкою, називають нервом. Якщо в складі нерва є нервові волокна, які передають збудження із центральної нервової системи до іннервованого органа (ефектора), то такі нерви називають відцентровими, або еферентними.

Є нерви, утворені чутливими нервовими волокнами, по яких збудження поширюється в напрямку центральної нервової системи. Такі нерви називають доцентровими, або аферентними.

Більшість нервів змішані, до складу їх входять як доцентрові, так і відцентрові волокна.

**Подразливість.** Подразливістю називають здатність живих систем під впливом подразників переходити із стану фізіологічного спокою до стану активності. При цьому здійснюється певна робота, виникає рух, утворюються різні хімічні сполуки.

Серед подразників розрізняють фізичні (температура, тиск, світло, звук), фізико-хімічні (зміна осмотичного тиску, активної реакції середовища, електролітного складу, колоїдного стану) і хімічні (хімічні речовини їжі, хімічні сполуки, які утворюються в організмі,— гормони, продукти обміну речовини і т. п.).

Природними подразниками клітин, які викликають їхню діяльність, є нервові імпульси.

**Збудливість.** Клітини нервової, а також м'язової тканин пристосовані до здійснення швидких реакцій на подразнення. Клітини цих тканин називають збудливими, а їхню здатність відповідати на подразнення збудженням — збудливістю. Мірою збудливості є поріг подразнення — та мінімальна сила подразника, яка спричиняє збудження.

Збудження може поширюватися, переміщатися із одного місця клітини в інше, з однієї клітини в іншу.

Збудження характеризується комплексом хімічних, функціональних, фізико-хімічних, електричних явищ. Обов'язковою ознакою збудження є зміна електричного стану поверхневої клітинної мембрани. Саме електричні явища забезпечують проведення збудження у збудливих тканинах.

**Біоелектричні явища.** Виникнення і поширення збудження пов'язані із зміною електричного заряду живої тканини, з так званими біоелектричними явищами.

Між зовнішньою поверхнею клітини і її цитоплазмою, тобто по обидва боки поверхневої клітинної мембрани, у стані спокою

створюється різниця потенціалів (близько 60...90 мВ), причому поверхня клітини заряджена електропозитивно щодо цитоплазми. Ця різниця потенціалів називається потенціалом спокою, або мембранним потенціалом. Величина мембранного потенціалу для клітин різноманітних тканин різна. Вона тим більша, чим вища функціональна спеціалізація клітини. Для клітин нервової і м'язової тканин вона становить 80...90 мВ, а для епітеліальної тканини — 18...20 мВ.

Причиною такої різниці потенціалів є вибіркова проникність клітинної мембрани. У зв'язку з цим всередині клітини в цитоплазмі в 30...50 разів більше іонів калію, в 8...10 разів менше іонів натрію і в 50 разів менше іонів хлору, ніж на поверхні клітини. У стані спокою клітинна мембрана більше проникна для іонів калію, ніж для іонів натрію, і іони калію виходять крізь пори в мембрані на її зовнішню поверхню.

Дифузія позитивно заряджених іонів калію із цитоплазми на поверхню клітини передає зовнішній поверхні мембрани позитивний заряд.

Таким чином, поверхня клітини в спокої несе позитивний заряд, тоді як внутрішня сторона мембрани виявляється зарядженою негативно за рахунок іонів хлору, амінокислот та інших органічних іонів, які крізь мембрану практично не проникають.

Якщо на ділянку нервового або м'язового волокна діяти досить сильним подразником, то в ній виникає збудження, яке виявляється в швидкому коливанні мембранного потенціалу і яке називається потенціалом дії.

Причина виникнення потенціалу дії — зміна іонної проникності мембрани. При подразненні проникність клітинної мембрани для катіонів натрію підвищується. Тепер іони натрію надходять всередину клітини, бо, по-перше, вони заряджені позитивно і їх тягнуть всередину електростатичні сили, по-друге, концентрація їх всередині клітини невелика. В спокої клітинна мембрана була малопроникна для цих іонів.

Подразнення змінило проникність мембрани, і потік позитивно заряджених іонів натрію із зовнішнього середовища клітини в цитоплазму значно перевищив потік іонів калію із клітини назовні. В результаті виникло викривлення (зміна) потенціалу мембрани (зниження мембранної різниці потенціалів і навіть виникнення різниці потенціалів протилежного знаку — фаза деполаризації). Внутрішня поверхня мембрани стала заряджена позитивно, а зовнішня, внаслідок втрати позитивно заряджених іонів натрію, — негативно. В цей момент і реєструється пік потенціалу дії. Потенціал дії виникає в той момент, коли деполаризація мембрани досягає критичного (порогового) рівня.

Підвищення проникності мембрани для іонів натрію триває недовго. Слідом за цим у клітині починаються відновні процеси, які приводять до того, що проникність мембрани для іонів натрію знову знижується, а для іонів калію зростає. Оскільки іони

калію також заряджені позитивно, то, виходячи із клітини, вони відновлюють вихідні відношення зовні і всередині клітини (фаза реполяризації).

Іони натрію всередині клітини при багаторазовому її збудженні не нагромаджуються, тому що вони евакуюються із неї постійно внаслідок дії спеціального біохімічного механізму, що його називають «натрієвим насосом». Є дані і про активний транспорт іонів калію за допомогою «натрій-калієвого» насоса. Гадають, що «насос» представлений ферментною системою в мембрані нервового волокна, активізується ця система іонами натрію, калію, магнію. Джерелом енергії для «насоса» є АТФ.

Отже, біоелектричні властивості клітин, які зумовлені нерівномірним розподілом іонів, відіграють основну роль у процесах клітинного збудження.

**Проведення збудження.** Виникле збудження поширюється по нервовому волокну, переходить на інші клітини або на інші ділянки тієї самої клітини. Проведення збудження зумовлено тим, що потенціал дії, який виник в одній клітині чи в одній з її ділянок, стає подразником, що спричинює збудження сусідніх ділянок.

У мієлінових нервових волокнах оболонка має більший опір і перешкоджає потоку іонів, у зв'язку з чим вона є своєрідним електричним ізолятором. Збудження в мієлінових волокнах виникає тільки в тих ділянках, які не вкриті мієліновою оболонкою, — у вузлах нервового волокна. Збудження у мієлінових волокнах поширюється стрибкоподібно від одного вузла до іншого. Воно ніби «перестрибує» через ділянки волокна, які вкриті мієліном. Цим пояснюється велика швидкість проведення збудження до мієлінових нервових волокон (до 120 м/с).

По немієлінових нервових волокнах збудження поширюється повільно (від 1 до 30 м/с). Це пов'язано з тим, що іонні процеси, які відбуваються через мембрану волокна і приводять до виникнення потенціалу дії, проходять на кожній ділянці волокна, по всій його довжині.

Існує певна залежність між швидкістю проведення збудження і діаметром нервового волокна: чим товще волокно, тим більша швидкість проведення збудження.

**Передача збудження в синапсах.** Збудження від однієї нервової клітини до іншої передається тільки в одному напрямку: з аксона одного нейрона на тіло клітини і дендрити нейрона.

Аксони більшості нейронів, підходячи до інших нервових клітин, розгалужуються і утворюють численні закінчення на тілах цих клітин і їхніх дендритах (рис. 14). Такі місця контактів називають синапсами.

Аксони утворюють закінчення і на м'язових волокнах, і на клітинах залоз.

Кількість синапсів на тілі одного нейрона досягає 100 і більше, а на дендритах одного нейрона — кількох тисяч. Одне нерво-



ве волокно може утворювати до 10 000 синапсів на багатьох нервових клітинах.

Синапс має складну будову (рис. 15). Він утворений двома мембранами — пресинаптичною і постсинаптичною, між якими є синаптична щілина. Пресинаптична частина синапсу знаходиться на нервовому закінченні. Нервові закінчення в центральній нервовій системі мають вигляд гудзиків, кілець або бляшок. Кожний синаптичний гудзик вкритий пресинаптичною мембраною. Постсинаптична мембрана міститься на тілі або дендритах нейрона, до якого передається нервовий імпульс. В пресинаптичній області звичайно спостерігаються великі скупчення мітохондрій.

Збудження через синапси передається хімічним шляхом за допомогою особливої речовини — посередника, або медіатора, який міститься в синаптичних міхурцях, що розташовані в синаптичній бляшці. В різних синапсах виробляються різні медіатори. Найчастіше це ацетилхолін, адреналін або норадреналін.

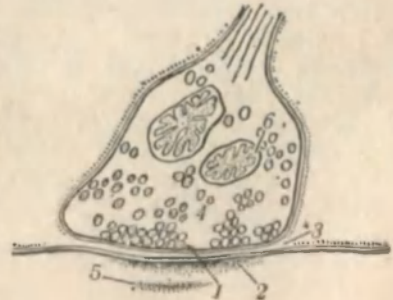
Який же механізм передачі збудження в синапсах? Надходження нервового імпульсу в пресинаптичне закінчення супроводжується синхронним викиданням в синаптичну щілину медіатора із синаптичних міхурців, розташованих у безпосередній



Рис. 14. Розташування синапсів на тілі нейрона і на його дендритах (за Хаачем і Барром).

Рис. 15. Субмікроскопічна будова синапса:

1 — пресинаптична мембрана; 2 — постсинаптична мембрана; 3 — синаптична щілина; 4 — синаптичні міхурці; 5 — нейропротофібрили; 6 — мітохондрії.



близькості від неї. В пресинаптичне закінчення надходить звичайно серія імпульсів, частота їх зростає при збільшенні сили подразника, приводячи до збільшення виділення медіатора в синаптичну щілину. Розміри синаптичної щілини дуже малі, і медіатор, швидко досягаючи постсинаптичної мембрани, взаємодіє з її речовиною. В результаті цієї взаємодії структура постсинаптичної мембрани тимчасово змінюється, проникає її для іонів натрію підвищується, що веде до переміщення іонів, і, як наслідок, виникає збудливий постсинаптичний потенціал. Коли цей потенціал досягає певної величини, виникає збудження, яке поширюється, — потенціал дії.

Через кілька мілісекунд медіатор руйнується спеціальними ферментами.

В наш час переважна більшість нейрофізіологів визнає існування у спинному мозку і в різних відділах головного мозку двох якісно різних типів синапсів — збудливих і гальмуючих. Вважають, що в спеціалізованих гальмуючих нейронах, в нервових закінченнях аксонів виробляється особливий медіатор, який діє гальмуюче на наступний нейрон. Природа цього медіатора ще остаточно не встановлена. В корі великого мозку таким медіатором деякі автори вважають гамма-аміномасляну кислоту.

Під впливом імпульсу, який надходить по аксону гальмуючого нейрона, в синаптичну щілину виділяється медіатор, що спричиняє специфічні зміни в постсинаптичній мембрані. Медіатор гальмування, взаємодіючи з речовиною постсинаптичної мембрани, збільшує її проникність для іонів калію і хлору. Всередині клітини відносна кількість аніонів збільшується. В результаті відбувається не зниження величини внутрішнього заряду мембрани (як це буває у збудливому синапсі), а підвищення внутрішнього заряду постсинаптичної мембрани. Відбувається її гіперполяризація. Це веде до виникнення гальмівного постсинаптичного потенціалу, в результаті чого настає гальмування.

На кожній нервовій клітині розташовано багато збудливих і гальмуючих синапсів, що створює умови для їхньої взаємодії і, нарешті, для різного характеру відповіді на імпульс, який надійшов.

### **Рефлекс — основна форма нервової діяльності**

**Поняття про рефлекс.** Основною формою нервової діяльності є рефлекс. Рефлекс — реакція-відповідь організму на подразнення із зовнішнього і внутрішнього середовища, яка здійснюється за допомогою центральної нервової системи.

Подразнення шкіри підошовної частини ноги у людини спричиняє рефлекторне згинання стопи і пальців. Це підошовний рефлекс. При ударі по сухожиллю чотириголового м'яза стегна під надколінком розгинається нога в коліні. Це колінний

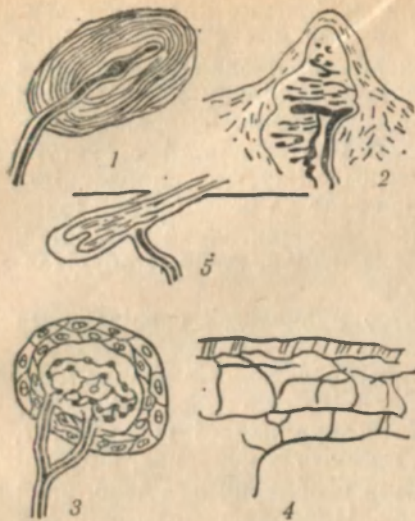


Рис. 16. Різновиди рецепторів у шкірі:

1 — рецептор, який реагує на тиск; 2 — на дотик; 3 — на холод; 4 — на біль; 5 — нервові закінчення навколо волосяної цибулини.

ням і функціями. Деякі рецептори мають вигляд порівняно просто побудованих нервових закінчень (рис. 16), або вони є окремими елементами складно побудованих органів чуттів, як, наприклад, сітківка ока.

За місцем розташування рецептори поділяють на екстерорецептори, пропріорецептори і інтерорецептори. Екстерорецептори сприймають подразнення зовнішнього середовища. До них належать сприймаючі клітини сітківки ока, вуха, рецептори шкіри, органів нюху, смаку. Інтерорецептори розташовані в тканинах внутрішніх органів (серця, печінки, нирок, кровоносних судин та ін.). Вони сприймають зміни внутрішнього середовища організму. Пропріорецептори містяться в м'язах і сприймають скорочення і розтягнення мускулатури, тобто сигналізують про положення і рух тіла.

В рецепторах внаслідок дії відповідних подразників певної сили і часу дії виникає процес збудження. Виникле збудження із рецепторів передається до центральної нервової системи по доцентрових нервових волокнах. В центральній нервовій системі за рахунок вставних нейронів рефлекс із вузькомісцевого акту перетворюється на цілісну діяльність нервової системи. В центральній нервовій системі відбувається обробка сигналів, що надійшли, і передача імпульсів на відцентрові нервові волокна.

Виконавчий орган, діяльність якого змінюється в результаті рефлексу, називають ефектором. Шлях, яким проходять нерво-

рефлекс. Дотик до губ немовляти викликає смоктальні рухи у неї — сисний рефлекс. Освітлення яскравим світлом ока веде до звуження зіниці — зіничний рефлекс.

Завдяки рефлекторній діяльності організм може швидко реагувати на різні зміни зовнішнього і внутрішнього середовища.

Рефлекторні реакції досить різноманітні. Вони можуть бути умовними або безумовними. Відмінності між ними ми розглянемо пізніше.

**Рефлекторна дуга.** У всіх органах тіла розташовані нервові закінчення, чутливі до подразників. Це рецептори. Рецептори різні за своєю будовою, місцезнаходжен-

ві імпульси від рецептора до виконавчого органа, називають рефлекторною дугою. Це матеріальна основа рефлексу.

Говорячи про рефлекторну дугу, треба мати на увазі, що будь-який рефлекторний акт здійснюється за участю великої кількості нейронів. Дво- чи тринейронна дуга рефлексу лише схема. Насправді рефлекс виникає при подразненні не одного, а багатьох рецепторів, розташованих в тій чи іншій області тіла. Нервові імпульси при будь-якому рефлекторному акті, надходячи в центральну нервову систему, широко розходяться в ній, досягаючи різних її відділів. Тому правильніше говорити, що структурну основу рефлекторних реакцій становлять нейронні ланцюги із доцентрових, центральних, або вставних, і відцентрових нейронів.

У зв'язку з тим, що в будь-якому рефлекторному акті беруть участь групи нейронів, які передають імпульси в різні відділи мозку, в рефлекторну реакцію втягується весь організм. І справді, якщо вас зненацька вкололи шпилькою в руку, ви негайно її відсмикнете. Це рефлекторна реакція. Але при цьому не тільки скоротяться м'язи руки. Зміниться дихання, діяльність серцево-судинної системи. Ви словами відреагуєте на несподіваний укол. У відповідну реакцію включається практично весь організм. Рефлекторний акт — координована реакція всього організму.

**Принцип зворотного зв'язку.** Між центральною нервовою системою і робочими, виконавчими, органами існують як прямі, так і зворотні зв'язки. При дії подразника на рецептори виникає рухова реакція. В результаті цієї реакції від ефекторних органів — м'язів нервові імпульси надходять в центральну нервову систему. Це вторинні аферентні (доцентрові) імпульси постійно сигналізують нервовим центрам про стан рухового апарату, і у відповідь на ці сигнали із центральної нервової системи до м'язів надходять нові імпульси, які включають наступну фазу руху чи змінюють рух відповідно до умов діяльності. Отже, є кільцева взаємодія між регуляторами (нервовими центрами) і регульованими процесами, що дає підставу говорити не про рефлекторну дугу, а про рефлекторне кільце, або рефлекторний ланцюг.

Структура рефлекторного кільця істотно відрізняється від структури рефлекторної дуги, по суті розімкнутій на периферії. В рефлекторному кільці є додаткові ланки у вигляді рецепторів виконавчого органа, аферентного нейрона і системи вставних нейронів, які передають вторинні аферентні імпульси на відцентрові нейрони рефлекторного кільця.

Вторинна аферентна імпульсація (зворотний зв'язок) дуже важлива в механізмах координації, яку здійснює нервова система. У хворих з порушеною чутливістю м'язів рухи, особливо ходіння, втрачають плавність, стають некоординовані. Центральна нервова система у таких хворих втрачає контроль над рухами.

Завдяки зворотним зв'язкам ми можемо не тільки судити про результати дії, а й вносити корективи в нашу діяльність, виправляти допущені помилки. Отже, щоб діяльність організму була координована, забезпечувала потрібний ефект, не досить тільки прямих зв'язків від мозку до робочого органа, важливі і зворотні зв'язки (робочі органи — мозок), по яких ідуть імпульси, що сигналізують про правильність чи помилковість виконуваної дії.

**Поняття про нервовий центр.** Вчення про рефлекторну діяльність центральної нервової системи привело до уявлення про нервовий центр. Нервовим центром називають сукупність нейронів центральної нервової системи, які беруть участь у здійсненні певного рефлекторного акту або регуляції тієї чи іншої функції.

Нервовий центр являє собою складні функціональні об'єднання, «ансамблі» нейронів, розташованих в різних відділах центральної нервової системи, які узгоджено беруть участь в регуляції функцій і рефлекторних реакціях.

Нервовим центрам притаманний ряд характерних властивостей, які визначаються особливостями проведення збудження через синапси центральної нервової системи і структурою нейронних ланцюгів, які утворюють їх.

**Проведення збудження через синапси центральної нервової системи.** Для центральної нервової системи характерне однобічне проведення збудження. Це пов'язано з особливостями синапсів; передача збудження в них можлива тільки в одному напрямку — від нервового закінчення, де вивільнюється при збудженні медіатор, до постсинаптичної мембрани. У зворотному напрямку збудливий постсинаптичний потенціал не поширюється.

В синапсах центральної нервової системи уповільнене проведення збудження. Відомо, що збудження по нервових волокнах проводиться швидко. В синапсах швидкість проведення збудження приблизно в 200 разів нижча за швидкість проведення збудження в нервовому волокні. Це пов'язано з тим, що при передачі імпульсу через синапс витрачається час на виділення медіатора нервовим закінченням у відповідь на імпульс, який прийшов; на дифузію медіатора через синаптичну щілину до постсинаптичної мембрани; на виникнення під впливом цього медіатора збудливого постсинаптичного потенціалу.

В центральній нервовій системі відбувається трансформація ритму імпульсів, які надходять до неї, у власний ритм. При цьому може відбуватися як порідшення частоти імпульсів, які надходять до неї, так і почастішання їх. У відповідь на поодинокі подразнення доцентрового нейрона центральної нервової система посилає по відцентровому нейрону серію імпульсів, які йдуть один за одним з певним інтервалом. Трансформація ритму пов'язана з особливостями передачі збудження через синапси.

Для нервових центрів властиве явище сумації збудження. Ця властивість була вперше описана І. М. Сеченовим у 1863 р. Було виявлено, що слабкі за силою подразнення не викликають помітної рефлекторної реакції центральної нервової системи. Рефлекторну відповідь може викликати лише подразник, який досяг порогової сили. Але якщо слабкий подразник буде діяти одночасно на кількох рецепторних областях (наприклад, кілька ділянок шкіри) або слабкий подразник діятиме на рецептор багаторазово (тривалий час), то рефлекторна реакція-відповідь виникне внаслідок додавання, тобто сумації, збудження.

В основі цього явища лежить процес сумації збудливих постсинаптичних потенціалів на тілі нейронів. Як правило, порція медіатора, яка викидається нервовим закінченням у відповідь на поодинокий імпульс, досить мала для того, щоб спричинити збудливий постсинаптичний потенціал, достатній для деполяризації мембрани нервової клітини. Така деполяризація можлива або у разі одночасного збудження кількох синапсів, розташованих на тілі нейрона, або при надходженні до того самого синапса серії нервових імпульсів, які йдуть один за одним з коротким інтервалом. При цьому постсинаптичні потенціали складаються один з одним, і в момент, коли сумарний потенціал досягає порогової величини, виникає потенціал дії, який поширюється далі.

Рефлекторна реакція не припиняється зразу ж після припинення подразника, а ще якийсь час до робочого органа (ефектора) від центральної нервової системи надходять збудливі імпульси. Це — післядія. Післядія звичайно буває тим триваліша, чим сильніше подразнення і чим довше воно діяло на рецептори.

На відміну від ізольованих нервових волокон нервові центри легко втомлюються. Втомлюваність нервових центрів виявляється в поступовому зниженні і, нарешті, повному припиненні рефлекторної відповіді при тривалому подразненні рецептора. Вважають, що втомлення нервових центрів пов'язане з порушенням передачі збудження в міжнейронних синапсах. При цьому відбувається зменшення запасів синтезованого медіатора в нервових закінченнях і зниження чутливості до медіатора постсинаптичної мембрани.

Після збудження центральної нервової системи ритмічним подразником наступне подразнення зумовлює більший ефект або для підтримування попереднього рівня реакції-відповіді потрібна менша сила наступного подразнення. Ця властивість нервових центрів дістала назву проторення. Полегшуючий ефект при проторенні пояснюють тим, що при перших стимулах подразнення міхурці медіатора переміщуються ближче до постсинаптичної мембрани і при наступному подразненні медіатор швидше виділяється в постсинаптичну щілину.

## Гальмування в центральній нервовій системі

В центральній нервовій системі спостерігається не тільки процес збудження. В діяльності всіх відділів нервової системи відіграє важливу роль і процес гальмування.

Явище гальмування в центральній нервовій системі було відкрито І. М. Сеченовим. У жаби перерізували головний мозок на рівні згір'я (таламуса) і вилучали півкулі вище місця перетинання. Задню лапку жаби опускали в слабкий розчин кислоти і визначали час рефлексу відсмикування лапки. Якщо ж покласти на розріз згір'я кристалик кухонної солі, то час відсмикування лапки, опущеної в розчин кислоти, помітно довшає.

І. М. Сеченов пояснив це явище наявністю в області згір'я нервових центрів, які справляють гальмуючий вплив на рефлекс відсмикування лапки.

Пізніше було доведено, що гальмування характерне для діяльності всіх відділів центральної нервової системи. Гальмування бере участь у здійсненні будь-якого рефлекторного акту. Збудження і гальмування є за зовнішнім виявом протилежними процесами. Їхня взаємодія забезпечує злагоджену діяльність нервової системи, погоджену діяльність органів людського тіла.

Розрізняють первинне, пресинаптичне, і постсинаптичне гальмування. Пресинаптичне гальмування розвивається в пресинаптичних розгалуженнях аферентних аксонів, завдяки чому блокується проведення імпульсів до синапсів і виникає гальмування реакції-відповіді.

При постсинаптичному гальмуванні імпульс, який прийшов до гальмівного синапсу, зумовлює гіперполяризацію постсинаптичної мембрани. При цьому зростає величина мембранного потенціалу і виникає гальмівний постсинаптичний потенціал, в результаті чого настає гальмування (див. вище).

Вторинне гальмування здійснюється без участі спеціальних гальмівних структур і розвивається в збудливих синапсах при дії подразників надмірної сили.

## Координація функцій в організмі

**Поняття координації.** Діяльність всіх органів і систем організму погоджена. На впливи із зовнішнього і внутрішнього середовища організм реагує як єдине ціле. Об'єднання діяльності різних систем організму в єдине ціле (інтеграція) і погодження, взаємодія, яке веде до пристосування організму до різних умов середовища (координація), пов'язані з діяльністю центральної нервової системи.

**Принцип загального кінцевого шляху.** Морфологічною основою координаційної діяльності центральної нервової системи є загальний кінцевий шлях. В організмі кількість аферентних нейронів, по яких передається збудження в центральну нервову

систему, приблизно в 5 раз більша ніж еферентних (відцентрових) нейронів.

Шеррінгтон таке співвідношення між доцентровими і відцентровими нейронами схематично зобразив у вигляді лійки з широким вхідним отвором, через який в центральну нервову систему надходять імпульси від різних рецепторів, і з вузьким вихідним отвором, через який по порівняно невеликій кількості відцентрових нейронів збудження досягає ефektorів. При такому положенні на шляху до одного відцентрового нейрона знаходиться безліч імпульсів від різних рецепторних зон. Відбувається своєрідна боротьба за «загальний кінцевий шлях». І центральна нервова система, її функціональний стан в даний момент, визначають, який із безлічі нервових імпульсів, що надійшли, заволодіє загальним кінцевим шляхом.

**Іррадіація і індукція в центральній нервовій системі.** Імпульси збудження, які виникли при подразненні того чи іншого рецептора, надходячи в центральну нервову систему, поширюються на сусідні з нею ділянки. Це поширення збудження в центральній нервовій системі називають іррадіацією. Іррадіація тим ширша, чим сильніше і триваліше нанесене подразнення.

Іррадіація можлива завдяки численним відросткам у доцентрових нервових клітинах і вставних нейронах, які зв'язують різні ділянки нервової системи. Іррадіація добре виражена у дітей, особливо в ранньому віці. Діти дошкільного і молодшого шкільного віку при появі гарної іграшки роззявляють рота, стрибають, сміються від задоволення.

В природних умовах, незважаючи на широкі можливості іррадіювати по центральній нервовій системі, збудження фактично поширюється в певних межах, що робить можливим здійснення певних, координованих рефлекторних реакцій.

В процесі диференціювання подразників гальмування обмежує іррадіацію збудження. В результаті збудження концентрується в певних групах нейронів. Тепер навколо збудження нейронів збудливість падає, і вони приходять в стан гальмування. Це явище одночасної негативної індукції. Концентрацію уваги можна розглядати як ослаблення іррадіації і посилення індукції. Розсіювання уваги внаслідок дії шуму, голосного сміху або розмови є результатом ослаблення індукції, що створює сприятливі умови для іррадіації збудження. Розсіювання уваги можна розглядати також як результат індукційного гальмування, наведеного новим осередком збудження в результаті виниклої орієнтувальної реакції. В нейронах, які були збуджені, після збудження виникає гальмування, і, навпаки, після гальмування в тих же нейронах виникає збудження. Це послідовна індукція. Послідовною індукцією можна пояснити посилену рухову активність школярів під час перерв після тривалого гальмування в руховій області кори великого мозку протягом уроку. Відпочинок на перерві повинен бути активним.



**Принцип домінанти.** Принцип домінанти був сформульований О. О. Ухтомським. Для діяльності нервової системи характерна наявність в кожний даний момент переважних, пануючих осередків збудження. Тимчасово пануючий, головний у поточний момент осередок стійкого тривалого збудження називають домінантою. Принцип домінанти — один із основних в координаційній діяльності нервової системи. Завдяки йому при безперервному впливі на організм найрізноманітніших зовнішніх подразників досягається певна пристосувальна, вибіркова діяльність центральної нервової системи.

Під час голоду у відповідних ділянках центральної нервової системи виникає стійкий осередок з підвищеною збудливістю — харчова домінанта. Якщо голодному цуценяті дати хлібтати молоко і одночасно почати подразнювати лапу електричним струмом, то цуценя не відсмикує лапу, а починає хлібтати із ще більшою інтенсивністю. У ситого цуценяті подразнення лапи електричним струмом викликає реакцію відсмикування лапи.

Домінантний осередок збудження має властивість притягувати до себе хвилі збудження, які надходять в інші центри, і внаслідок цього посилюватися. В цей час інші нервові центри, які не входять до його складу, і відповідні рефлекси загальмовуються, тому при наявності в центральній нервовій системі домінантного осередку координаційні відношення змінюються. Домінантний осередок змінює і підпорядковує собі роботу інших центрів.

У процесі нервової діяльності одна домінанта змінює іншу. Виникнення в центральній нервовій системі сильнішої домінанти загальмовує раніше викликану домінанту за типом негативної індукції. Чим молодша дитина, тим менш стійка домінанта і тим легше вона гальмується.

На думку О. О. Ухтомського, принцип домінанти є фізіологічною основою акту уваги і предметного мислення. Цікава і емоційна розповідь вчителя, добре виконана таблиця, дослід, поставлений учнями, кадри кінофільму сприяють створенню домінантних відношень під час процесу навчання, що відіграє неабияке значення у засвоєнні знань.

Принцип домінанти підкреслює також необхідність враховувати при виробленні нових рефлекторних актів попередні відношення в центральній нервовій системі, раніше сформовані домінантні осередки. Рухова домінанта, яка виникла під час гри у футбол на перерві, навряд чи дасть можливість зразу, з перших хвилин уроку, створити нову домінанту в процесі викладення нового навчального матеріалу. Потрібен деякий час і досить виразні і цікаві засоби, щоб змінити домінантні відношення.

**Основні етапи розвитку нервової системи.** Нервова система починає формуватися на третьому тижні ембріонального розвитку із зовнішнього зародкового листка (ектодерми). Спочатку

утворюється нервова пластинка, яка поступово перетворюється на жолобок з піднятими краями. Краї жолобка наближаються один до одного і утворюють замкнену нервову трубку.

Із нижнього відділу нервової трубки утворюється спинний мозок, а з верхнього відділу нервової трубки — три розширення — первинні мозкові міхури (передній, середній і задній, або ромбоподібний).

У п'ятитижневого ембріона добре виражений поділ поперечною борозною переднього і ромбоподібного міхурів ще на дві частини — утворюється п'ять мозкових пухирів. З них розвиваються всі відділи головного мозку. Із п'ятого мозкового пухиря розвивається довгастих мозок, з четвертого — міст і мозочок, із третього — середній мозок, із другого — очні міхури і проміжний мозок, із першого — півкулі великого мозку.

Найінтенсивніше росте передній пухир. На третьому місяці ембріонального розвитку формується мозолисте тіло, яке з'єднує праву і ліву півкулі, до шостого місяця внутрішньоутробного періоду півкулі повністю покривають мозок. На цей час всі відділи мозку добре виражені.

### **Будова, розвиток і функціональне значення різних відділів центральної нервової системи**

#### **Спинний мозок**

**Будова спинного мозку.** Спинний мозок являє собою довгий тяж (його довжина у дорослої людини близько 45 см). Вгорі він переходить у довгастих мозок, і вниз, на рівні I—II поперекових хребців, спинний мозок звужується і має форму конуса, який переходить у кінцеву нитку.

На місці відходження нервів до верхніх і нижніх кінцівок спинний мозок має шийне і поперекове потовщення. В центрі спинного мозку проходить канал, який продовжується в головний мозок. Спинний мозок розділений двома борознами (передньою і задньою) на праву і ліву половини.

На поперечному розрізі спинного мозку (рис. 17) видно, що вузький центральний канал оточений сірою речовиною, яка утворює передні і задні роги. У грудному відділі між передніми і задніми рогами розташовані бокові роги. Навколо сірої речовини розташовані пучки білої речовини у вигляді переднього, заднього і бокового канатиків. Сіра речовина представлена скупченням нервових клітин, а біла складається із нервових волокон. У сірій речовині передніх рогів містяться тіла рухових (відцентрових) нейронів, відростки яких утворюють передній корінець. У задніх рогах розташовані клітини проміжних нейронів, через які здійснюється зв'язок між доцентровими і відцентровими нейронами. Задній корінець утворений волокнами

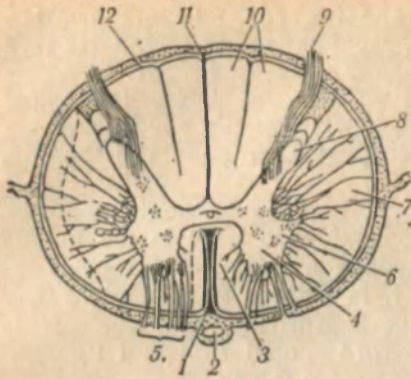


Рис. 17. Поперечний зріз спинного мозку (напівсхема):

1 — передня поздовжня щілина; 2 — спинномозкова артерія; 3 — передній стовп білої речовини; 4 — передній ріг; 5 — передній корінець спинного мозку; 6 — боковий ріг сірої речовини; 7 — боковий стовп білої речовини; 8 — задній ріг; 9 — задній корінець; 10 — задній стовп; 11 — задня поздовжня борозна; 12 — м'яка оболонка спинного мозку.

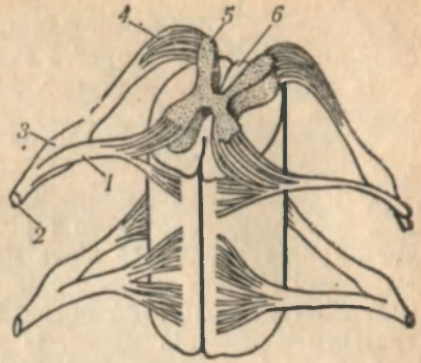


Рис. 18. Два сегменти спинного мозку:

1 — передній корінець спинномозкового нерва; 2 — спинномозковий нерв; 3 — міжхребцевий вузол; 4 — задній корінець; 5 — сіра речовина; 6 — біла речовина спинного мозку.

чутливих (відцентрових) клітин, тіла яких розташовуються в спинномозкових (міжхребцевих) вузлах. Через задні корінці збудження передається із периферії в спинний мозок. Це чутливі корінці. Через передні корінці збудження передається від спинного мозку до м'язів та інших органів. Це рухові корінці.

У сірій речовині бокових рогів спинного мозку розташовуються вегетативні ядра симпатичної частини автономної нервової системи.

Нервові волокна, які становлять основну масу білої речовини спинного мозку, утворюють провідні шляхи спинного мозку. По цих шляхах встановлюється зв'язок між різними частинами центральної нервової системи і проходять імпульси у висхідному і низхідному напрямках.

Спинний мозок має сегментарну будову (рис. 18), в ньому 31 сегмент. Із кожного сегмента виходять передні і задні корінці, які, зливаючись, утворюють спинномозковий нерв. Відповідно до кількості сегментів від спинного мозку відходить 31 пара спинномозкових нервів. Спинномозкові нерви змішані, бо вони утворені відцентровими і доцентровими волокнами.

Спинний мозок вкритий трьома оболонками: твердою, павутинною і судинною.

**Розвиток спинного мозку.** Спинний мозок розвивається раніше, ніж інші відділи нервової системи. Коли в ембріона головний мозок знаходиться на стадії мозкових пухирів, спинний мозок досягає уже значних розмірів. На ранніх стадіях розвитку

плоду спинний мозок заповнює всю порожнину хребетного каналу. Потім хребетний стовп обганяє в рості спинний мозок, і до моменту народження він закінчується на рівні III поперекового хребця. У новонароджених довжина спинного мозку 14...16 см, до 10 років вона подвоюється. В товщину спинний мозок росте повільно. На поперечному зрізі спинного мозку дітей раннього віку відмічається перевага передніх рогів над задніми. Збільшення розмірів нервових клітин спинного мозку спостерігається в дітей у шкільні роки.

**Функції спинного мозку.** Спинний мозок бере участь у здійсненні складних рухових реакцій організму. Це рефлекторна функція спинного мозку. В сірій речовині спинного мозку замикаються рефлекторні шляхи багатьох рухових реакцій. Прикладом цієї функції спинного мозку є колінний рефлекс. При постукуванні по сухожиллі чотириголового м'яза стегна в області коліна відбувається розгинання гомілки в колінному суглобі. Шлях цього рефлексу проходить через II—IV поперекові сегменти спинного мозку. У дітей перших днів життя колінний рефлекс викликається легко, але виявляється він не в розгинанні гомілки, а у згинанні її, що пояснюється перевагою тонуса м'язів-згиначів над розгиначами. Після року життя у здорових дітей рефлекс виникає завжди, але він менш виражений.

Спинний мозок іннервує всю скелетну мускулатуру, крім м'язів голови, які іннервуються черепними нервами. В спинному мозку містяться рефлекторні центри мускулатури тулуба, кінцівок і шиї. Тут же розташовано багато центрів автономної нервової системи. Рефлекси сечовипускання і дефекації, рефлекторного набухання статевого члена і викидання сперматозоонів у чоловіків (ерекція й еякуляція) зв'язані з функцією спинного мозку.

Спинний мозок здійснює і провідникову функцію. Доцентрові імпульси, які надходять у спинний мозок по задніх корінцях, передаються по провідних шляхах спинного мозку у відділи головного мозку, що лежать вище. В свою чергу, із відділів центральної нервової системи, що лежать вище, спинний мозок одержує імпульси, які можуть змінювати діяльність скелетної мускулатури і внутрішніх органів.

Діяльність спинного мозку у людини значною мірою підпорядкована координуючим впливам відділів центральної нервової системи, що лежать вище.

## **Головний мозок**

**Загальний план будови.** В головному мозкові виділяють три великих відділи — стовбур, підкірковий відділ і кору великого мозку (рис. 19).

Із основи мозку виходить 12 пар черепних нервів.

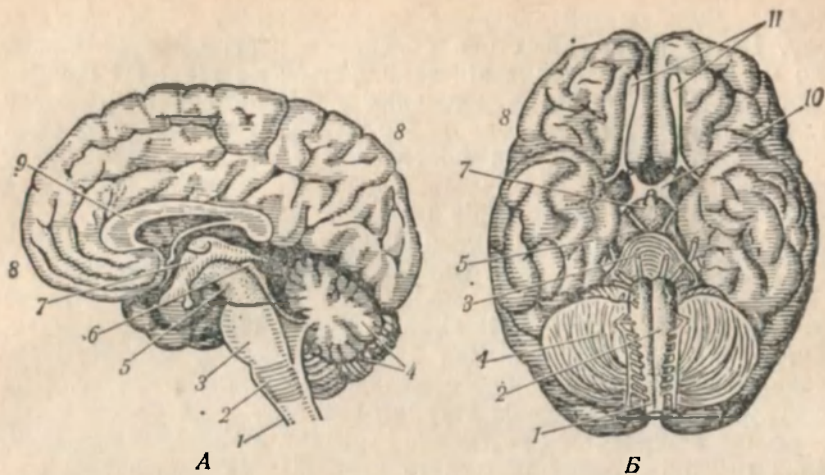


Рис. 19. Головний мозок:

*А* — права половина мозку (вигляд із внутрішнього боку); *Б* — нижня поверхня мозку; 1 — верхня ділянка спинного мозку; 2 — довгастий мозок; 3 — міст; 4 — мозочок; 5 — середній мозок; 6 — чотиригорбкове тіло; 7 — проміжний мозок; 8 — кора великого мозку; 9 — мозолисте тіло, яке з'єднує праву півкулю з лівою; 10 — перехрестя зорових нервів; 11 — нюхові цибулини.

**Довгастий мозок і міст (задній мозок).** Довгастий мозок і міст становлять задній мозок. Довгастий мозок — це безпосереднє продовження спинного мозку, його довжина близько 28 мм. Ширина його постійно збільшується в напрямку вперед, і в найширшому місці вона дорівнює 24 мм. Центральний канал спинного мозку продовжується в канал довгастого мозку, значно розширюючись в ньому і перетворюючись в четвертий шлуночок. У речовині довгастого мозку є окремі скупчення сірої речовини у вигляді ядер черепних нервів. Біла речовина довгастого мозку утворена волокнами провідних шляхів. Попереду довгастого мозку у вигляді поперечного валу розташований міст.

Від довгастого мозку відходять корінці XII черепного нерва (під'язиковий), XI — додатковий нерв, X — блукаючий нерв, IX — язиковорловий нерв. Між довгастим мозком і мостом виходять корінці VII і VIII черепних нервів — лицевого і переддверноулиткового і (слухового). Із моста виходять корінці VI і IV нервів — відповідного і трійчастого.

В задньому мозку замикаються шляхи багатьох складнокоординованих рухових рефлексів. Тут розташовані життєво важливі центри регуляції дихання, серцево-судинної діяльності, функцій травних органів, обміну речовин.

Ядра довгастого мозку беруть участь у здійсненні таких рефлекторних актів, як виділення травних ферментів, жування, смоктання, ковтання, блювання, чхання. Довгастий мозок ра-

зом з мостом у новонародженого має масу близько 8 г, що становить 2% маси головного мозку (у дорослого — 1,6%).

Ядра довгастого мозку починають формуватися ще у внутрішньоутробному періоді розвитку і до періоду народження вони в основному сформовані. До 7 років дозрівання ядер довгастого мозку в основному закінчується.

**Мозочок.** Позаду довгастого мозку і моста міститься мозочок (див. рис. 19). Він має дві півкулі, з'єднані черв'яком. Сіра речовина мозочка лежить зверху, утворюючи його кору. Товщина цього шару 1...2,5 мм. Поверхня мозочка помережена численними борозенками. Біла речовина знаходиться під корою мозочка. Всередині білої речовини міститься четверо ядер сірої речовини.

Волокна білої речовини здійснюють зв'язок між різними частинами самого мозочка, а також, утворюючи нижні, середні і верхні ніжки мозочка, зв'язують останній з іншими відділами мозку.

До мозочка надходять імпульси від всіх рецепторів, які подразнюються під час рухів тіла. Мозочок бере участь в координації складних рухових актів. Двобічні зв'язки мозочка і кори великого мозку дають йому змогу впливати на довільні рухи.

Півкулі великого мозку через мозочок регулюють тонус скелетних м'язів (розподіляють і перерозподіляють його) і координують скорочення їх. У людини при порушенні або втраті функцій мозочка порушується регуляція м'язового тонуса: рухи рук і ніг різні, некоординовані, хода хитка, що нагадує ходу п'яного, кінцівки і голова безперервно тремтять або хитаються. Працями Л. А. Орбелі доведена участь мозочка в регуляції вегетативних функцій (діяльність серцево-судинної системи, дихання, травлення, терморегуляція).

У новонароджених мозочок розвинений погано, черв'ячок мозочка розвинений краще, ніж півкулі. Найінтенсивніше мозочок росте в перший рік життя. Далі темпи розвитку його знижуються. До 15 років мозочок досягає розмірів дорослої людини.

**Середній мозок.** Середній мозок складається з ніжок великого мозку і чотиригорбикового тіла. Порожнина середнього мозку представлена вузьким каналом — водопроводом мозку, який знизу сполучається з четвертим шлуночком, а зверху — з третім. В стінці мозкового водопроводу містяться ядра III і IV черепних нервів — окорухового і блокового. Через середній мозок проходять всі висхідні шляхи до кори великого мозку і мозочка і низхідні, які несуть імпульси до довгастого і спинного мозку.

В середньому мозкові розташовані скупчення сірої речовини у вигляді ядер чотиригорбикового тіла, ядер окорухового і блокового нервів, червоне ядро і чорна речовина. Передні бугри чотиригорбикового тіла є первинними зоровими центрами, а задні бугри — первинними слуховими центрами. За їхньою

участю здійснюються орієнтувальні рефлекси на світло і звук: рухи очей, поворот голови, нашорошування вух у тварин. Чорна речовина зв'язана з координуванням складних актів ковтання і жування, регуляцією тонких рухів пальців рук та ін. Червоне ядро безпосередньо стосується регулювання м'язового тону.

**Ретикулярна формація.** По всьому стовбуру мозку, від верхнього кінця спинного мозку до згір'я і підзгір'я включно, розташоване утворення, яке складається із нейронів різних типів і форм, які густо переплетені волокнами, що йдуть в різних напрямках. Під мікроскопом воно нагадує своїм виглядом сітку, від чого все утворення дістало назву сітчастої, або ретикулярної, формації. На сьогодні в ретикулярній формації стовбура мозку людини описано 48 окремих ядер і клітинних груп. При подразненні структур ретикулярної формації ніякої помітної реакції не відмічається, змінюється лише збудливість різних відділів центральної нервової системи.

Через ретикулярну формацію проходять як висхідні, доцентрові, так і низхідні, відцентрові шляхи. Тут здійснюється їхня взаємодія і регуляція збудливості всіх відділів центральної нервової системи.

Руйнуючи або подразнюючи мікроелектродами різні ділянки ретикулярної формації і перетинаючи нервові шляхи, які йдуть від неї, вдалося довести, що ретикулярна формація по низхідних сітчасто-спинномозкових (ретикулоспинальних) шляхах здатна справляти полегшуючий або гальмівний, вплив на рухові реакції спинного мозку. Активізуючий або гальмуючий ефект залежить від інтенсивності і тривалості подразнення. Вперше І. М. Сеченов при подразненні згір'я жаби (1862), а потім Мегун (1946, 1950) показали, що подразнення ділянок ретикулярної формації стовбура мозку гальмує багато спинномозкових рефлексів. Активізуючий вплив ретикулярної формації виявляється в посиленні спинномозкових розгинальних рефлексів і скороченні скелетної мускулатури.

По висхідних шляхах ретикулярна формація справляє активізуючий вплив на кору великого мозку, підтримуючи в ній стан неспання. Численними дослідженнями доведено, що аксони ретикулярних нейронів стовбура мозку досягають кори великого мозку, причому деякі з цих волокон на своєму шляху до кори перериваються у згір'ї, інші йдуть прямо в кору, утворюючи висхідну ретикулярну активізуючу систему. В свою чергу ретикулярна формація стовбура мозку одержує волокна, які йдуть від кори великого мозку, і імпульси, що йдуть від неї, регулюють діяльність ретикулярної формації.

Якщо тварина перебуває в спокої або спить, то при електричному подразненні ретикулярної формації у неї настає реакція активації, тварина пробуджується. На електроенцефалограмі при цьому реєструються низькоамплітудні часті ритми (частота більше 13 Гц). Якщо зруйнувати висхідні ретикулярні шляхи,

то в активної або такої, що перебуває у спокої, тварини спостерігається зниження електричної активності, тварина поринає в глибокий сон. В електроенцефалограмі такої тварини з'являються ритми з частотою менше 4 Гц.

Ретикулярна формація має високу чутливість до таких фізіологічно активних речовин, як адреналін і ацетилхолін.

**Передній мозок.** Із двох частин переднього мозку — проміжного і кінцевого — кора і підкіркові вузли належать до кінцевого мозку, а зорові бугри і підбугорна область — до проміжного. Проміжний мозок межує з середнім мозком, а великий мозок зверху і з боків вкривають всі інші відділи мозку.

**Проміжний мозок.** Проміжний мозок людини складається з чотирьох частин, які оточують порожнину третього шлуночка: надгір'я (епіталамус), згір'я (таламус) і підзгір'я (гіпоталамус).

Основна частина проміжного мозку — згір'я (thalamus). Це парне утворення сірої речовини, велике, яйцеподібної форми. Сіра речовина згір'я тонкими білими прошарками розділена на три області: передню, медіальну і латеральну. Кожна область являє собою скупчення ядер. Вивчення функцій згірних ядер, зокрема вплив їх на активність клітин кори великого мозку, привело до думки поділити їх на дві групи: на специфічні і неспецифічні (або дифузні) ядра.

Специфічні ядра згір'я своїми волокнами досягають кори великого мозку і утворюють синапси на обмеженій кількості її клітин. При подразненні специфічних ядер поодинокими електричними ударами у відповідних обмежених областях кори швидко (латентний період 1...6 мс) виникає реакція у вигляді первинної відповіді.

Імпульси від неспецифічних згірних ядер надходять одночасно до різних ділянок кори великого мозку. При подразненні неспецифічних ядер реакція у відповідь виникає через 10...50 мс) майже з усієї поверхні кори, дифузно. Потенціали, які реєструються при цьому в клітинах кори, мають великий латентний період у вигляді хвиль, які поступово зростають і спадають. Це реакція утягнення.

Доцентрові імпульси від всіх рецепторів організму (за винятком тих, які надходять від нюхових рецепторів), перш, ніж досягти кори великого мозку, надходять в ядра згір'я. До них надходять зорові сигнали, слухові, імпульси від рецепторів шкіри, обличчя, тулуба, кінцівок і від пропріорецепторів, від смакових рецепторів, рецепторів внутрішніх органів (вісцерорецепторів). Сюди ж надходять імпульси із мозочка, які потім ідуть до моторної зони кори півкуль.

Інформація, яка надійшла, в згір'ї переробляється, дістає відповідне емоційне забарвлення і направляється до півкуль великого мозку. Один із видатних дослідників функції згір'я — Уолтер вважає, що згір'я є посередником, в якому сходяться всі подразнення від зовнішнього світу і, видозмінюючись тут,



прямують до підкіркових і кіркових центрів таким чином, щоб організм зміг адекватно пристосуватися до постійно мінливого середовища.

Відносно ролі неспецифічних ядер згір'я вдалося довести, що ця система швидко і короткочасно (порівняно з ретикулярною формацією стовбура мозку) активізує клітини кори, чим полегшує діяльність кіркових нейронів при надходженні до них імпульсів від специфічних ядер згір'я. При ураженні згір'я прояв емоцій нерідко порушується, змінюється характер відчуттів. При цьому часто навіть незначний дотик до шкіри, звук або світло спричиняють у хворих приступи дуже тяжкого болю або, навпаки, навіть сильне больове подразнення не відчувається. Це дало підставу багатьом авторам вважати згір'я вищим центром больової чутливості. Проте є значна кількість експериментальних і клінічних даних, які показують значення кори великого мозку у формуванні больових відчуттів.

Підзгір'я прилягає до згір'я знизу, відділяючись від нього відповідно борозенкою. Його передньою межею є перехрестя зорових нервів (див. рис. 19). Підзгір'я складається з 32 пар ядер, які об'єднують в три групи: передню, середню і задню. За допомогою нервових волокон підзгір'я має численні зв'язки з ретикулярною формацією стовбура мозку, з гіпофізом, а також із згір'ям. Підзгір'я є головним, підкірковим центром регуляції вегетативних функцій організму. Вплив підзгір'я здійснюється як через нервову систему, так і через залози внутрішньої секреції.

В клітинах ядер передньої групи підзгір'я виробляється нейросекрет, який по підзгірно-гіпофізарному шляху транспортується в нейрогіпофіз. Цьому сприяє і багате кровопостачання, і судинні зв'язки підзгір'я і гіпофіза. Підзгір'я і гіпофіз часто об'єднують в підзгірно-гіпофізарну систему.

Описано прямий зв'язок підзгір'я і надниркових залоз: збудження підзгір'я зумовлює секрецію адреналіну і норадреналіну. Таким чином, підзгір'я регулює діяльність ендокринних залоз.

Підзгір'я бере участь також в регуляції діяльності серцево-судинної і травної систем. При подразненні передньої групи ядер підзгір'я посилюється моторика шлунка і сечового міхура, підвищується секреція шлункових залоз, уповільнюється ритм серцевих скорочень. Це дало підставу вважати, що в передній частині підзгір'я містяться ядра, які регулюють функцію парасимпатичної частини автономної нервової системи. Подразнення заднього відділу згір'я пригнічує активність травного каналу, прискорює ритм серцевих скорочень, підвищує артеріальний тиск, збільшує вміст у крові адреналіну і норадреналіну. Це свідчить про вплив задніх ядер згір'я на функцію симпатичної частини автономної нервової системи.

Одне із великих ядер підзгір'я — сірий бугор — бере участь в регуляції функцій багатьох ендокринних залоз і обміну речо-

вин. Зруйнування сірого бугра спричиняє атрофію статевих залоз. Його тривале подразнення може привести до раннього статевого дозрівання, виникнення виразок на шкірі, виразки шлунка і дванадцятипалої кишки.

Підзгір'я бере участь в регуляції температури тіла. Доведена його роль в регуляції водного обміну, обміну вуглеводів. При пошкодженні деяких ядер підзгір'я виникає надмірне ожиріння за рахунок надмірного споживання жирів і появи так званого «вовчого голоду» (булімія); ураження інших ядер зумовлює катастрофічне схуднення при різко зниженому апетиті. У хворих з порушенням функції підзгір'я дуже часто порушується менструальний цикл, спостерігається статева слабкість та ін. Ядра підзгір'я беруть участь в багатьох складних поведінкових реакціях (статеві, харчові, агресивно-оборонні). Підзгір'я бере участь у регуляції сну і неспання. Пошкодження його у тварин викликає сон; при цьому швидко активність в електроенцефалограмі, характерна для стану неспання, змінюється повільною активністю, характерною для сну.

До моменту народження більша частина ядер згір'я добре розвинена. Після народження відбувається збільшення згір'я в обсязі за рахунок дальшого росту нервових клітин і розвитку нервових волокон. Процес цей триває до 13...15-річного віку.

Диференціювання ядер підзгірної області у новонароджених не завершено, і перебіг його нерівномірний. В цілому ядра закінчують свій розвиток у період статевого дозрівання.

**Базальні ганглії.** В середині великого мозку, між лобними частками і проміжним мозком, містяться скупчення сірої речовини. Це базальні, або підкіркові, ганглії. До них належать трое парних утворень: хвостате ядро, лушпина, бліда куля.

Хвостате ядро і лушпина мають подібну клітинну будову і ембріональний розвиток. Їх часто об'єднують в єдину структуру — смугасте тіло. Філогенетично це нове утворення з'являється вперше у рептилій. Бліда куля — давніше утворення, воно є уже в костистих риб. З ним зв'язують регуляцію складних рухових актів, рухи рук і ніг при ходьбі, скорочення мімічної мускулатури. У людини при порушенні функцій блідої кулі обличчя стає маскоподібним. Хо́да таких хворих уповільнена, позбавлена співдружних рухів рук, всі рухи утруднені.

Базальні ганглії зв'язані доцентровими шляхами з корою великого мозку, мозочком, згір'ям. Функція базальних гангліїв вивчена погано, що пов'язане з трудностю анатомічних доступів до них, а також тим, що у різних видів тварин вони виконують різні функції. При ураженнях смугастого тіла у людини спостерігаються безперервні рухи кінцівок і хоря — сильні, без будь-якого порядку і послідовності рухи, які захоплюють майже всю мускулатуру. Підкіркові ядра зв'язані і з вегетативними функціями організму. За їхньою участю здійснюються найскладніші харчові, статеві та інші рефлекси.

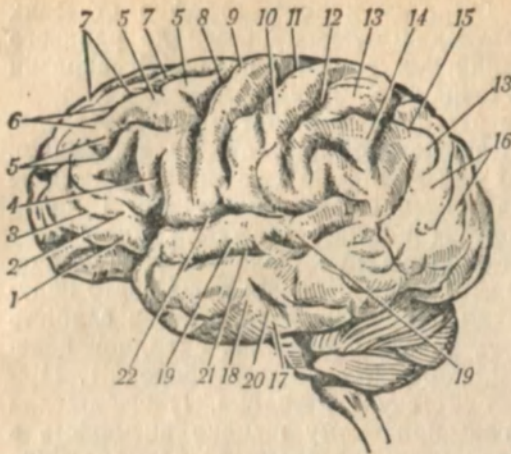


Рис. 20. Борозни і закрутки зовнішньої поверхні великого мозку:

1, 2, 4 — нижня лобова закрутка; 3 — нижня бокова борозна; 5 — середня лобова закрутка; 6 — верхня бокова борозна; 7 — верхня лобова закрутка; 8 — прецентральна борозна; 9 — передня центральна закрутка; 10 — задня центральна закрутка; 11 — центральна борозна; 12 — постцентральна борозна; 13 — верхня тім'яна частка; 14 — нижня тім'яна частка; 15 — міжтім'яна борозна; 16 — кутова закрутка; 17 — нижня скронева закрутка; 18 — середня скронева закрутка; 19 — верхня скронева закрутка; 20 — середня скронева борозна; 21 — верхня скронева борозна; 22 — бокова борозна.

Півкулі великого мозку. Півкулі великого мозку складаються із підкіркових гангліїв і мозкового плаща, які оточують порожнини — бокові шлуночки. У дорослої людини маса великого мозку становить близько 80% маси головного мозку. Права і ліва півкулі розділені глибокою поздовжньою борозною. В глибині цієї борозни міститься мозолисте тіло, утворене нервовими волокнами. Мозолисте тіло з'єднує ліву і праву півкулі.

Плащ у людини представлений корою великого мозку. Це сіра речовина півкуль. Вона утворена нервовими клітинами, від яких відходять відростки і клітини нейроглії (клітини, що виконують опорну функцію для нейронів; гадають, що нейроглія бере участь в обміні речовин нейронів).

Кора великого мозку є вищим, філогенетично наймолодшим утворенням центральної нервової системи. Вона покриває всю поверхню півкуль шаром завтовшки від 1,5 до 3 мм. Загальна поверхня півкуль кори у дорослої людини 1700...2000 см<sup>2</sup>. В корі нараховують від 12 до 18 млрд. нервових клітин. Загальна поверхня кори великого мозку збільшується за рахунок численних борозен, які ділять всю поверхню півкуль на опуклі закрутки і частки (рис. 20).

Три головні борозни — центральна, бокова і тім'яно-потилична — ділять кожну півкулю на чотири частки: лобову, тім'яну, потиличну і скроневу.

Лобова частка розташована попереду центральної борозни. Тім'яна частка обмежена спереду центральною борозною, ззаду — тім'яно-потиличною, внизу боковою. Позаду тім'яно-потиличної борозни знаходиться потилична частка. Скронева частка обмежена вгорі глибокою боковою борозною. Між скроневою і потиличною частками різкої межі нема. Кожна частка мозку в свою чергу ділиться борознами на ряд закруток.

**Таблиця 2. Зміна маси мозку з віком**

Вік	Маса мозку, г	Вік	Маса мозку, г
Новонароджені	400	13 років	1300
1 рік	800	15 років	1350
3 роки	1170	18 років	1380
7 років	1250	Дорослі	1400

**Ріст і розвиток головного мозку.** Маса головного мозку новонародженого 340...400 г, що становить  $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{9}$  маси його тіла, тоді як у дорослої людини маса мозку становить  $\frac{1}{40}$  маси тіла. Маса мозку змінюється з віком (табл. 2).

Найбільш інтенсивний ріст мозку відбувається в перші три роки життя дитини.

До 4-го місяця розвитку плоду поверхня великого мозку гладенька. До 5 місяців внутрішньоутробного розвитку утворюються бокова, потім центральна, тім'яно-потилична борозни. До моменту народження кора великого мозку має такий же тип будови, як і у дорослого. Але форма і величина борозен і закруток істотно змінюються і після народження.

Нервові клітини новонародженого мають просту веретеноподібну форму із зовсім невеликою кількістю відростків. Кора у дітей значно тонша, ніж у дорослого.

Мієлінізація нервових волокон, розташування шарів кори, диференціювання нервових клітин в основному завершуються до трьох років. Наступний розвиток головного мозку характеризується збільшенням кількості асоціативних волокон і утворенням нервових зв'язків. Маса його в ці роки збільшується незначно.

### **Структурно-функціональна організація кори великого мозку**

**Архітектоніка кори.** Архітектоніка — це загальний план будови кори, особливості її мікроскопічної будови. Нервові клітини і волокна, які утворюють кору, розташовані в сім шарів. В різних шарах кори нервові клітини відрізняються формою, величиною, характером розташування.

Шар I — молекулярний. В цьому шарові мало нервових клітин, вони дуже дрібні. Шар утворений в основному сплетенням нервових волокон.

Шар II — зовнішній зернистий. Складається із дрібних нервових клітин, схожих на зернини, і клітин у вигляді дуже дрібних пірамід. Шар бідний на мієлінові волокна.

Шар III — пірамідний. Утворений середніми і великими пірамідними клітинами. Він товщий, ніж два перших шари.

Шар IV — внутрішній зернистий. Складається, як і II шар, із дрібних зернистих клітин різної форми. Деякі області кори цього шару можуть і не мати (наприклад, моторна область кори).

Шар V — гангліозний. Складається з великих пірамідних клітин. В руховій області кори пірамідні клітини досягають найбільшої величини.

Шар VI — поліморфний. Тут клітини трикутної і веретеноподібної форми. Цей шар належить до білої речовини мозку.

В деяких областях кори розрізняють і VII шар із веретеноподібних нейронів. Він значно бідніший на клітини і багатший на волокна.

Між нервовими клітинами всіх шарів кори в процесі їхньої діяльності виникають як постійні, так і тимчасові зв'язки.

За особливостями клітинного складу і будови кору великого мозку поділяють на ряд ділянок. Їх називають кірковими полями.

**Біла речовина півкуль мозку.** Біла речовина великого мозку міститься під корою, вище мозолистого тіла. У складі білої речовини розрізняють асоціативні, комісуральні і проєкційні волокна.

Асоціативні волокна зв'язують між собою окремі ділянки однієї і тієї ж півкулі. Короткі асоціативні волокна зв'язують між собою окремі закрутки і близькі поля. Довгі волокна — закрутки різних часток у межах однієї півкулі.

Комісуральні волокна зв'язують симетричні частини обох півкуль. Більша частина їх проходить через мозолисте тіло.

Проєкційні волокна виходять за межі півкуль. Вони входять до складу низхідних і висхідних шляхів, по яких здійснюється двобічний зв'язок кори з відділами центральної нервової системи, що лежать нижче.

**Поняття про кортиколізацію функцій.** Протягом тривалого часу значення великих півкуль вивчалася в дослідах з їхньою екстирпацією, тобто оперативним вилученням півкуль або їхньої кори. Ці досліди показали, що чим вище організована тварина, тим важче вона переносить цю операцію. Птахи після вилучення великих півкуль спроможні літати. Вони реагують на світло і звук, хоч не спроможні самостійно знаходити їжу.

Значно трудніше переносять цю операцію ссавці. Собака з видаленою корою великого мозку рухається, але точність рухів у нього порушена, він не спроможний обійти перешкоду, не впізнає господаря, не реагує на кличку. Такого собаку годують, вкладаючи в рот їжу і вливаючи воду.

Мавпи таку операцію переносять важко і швидко гинуть. Всі індивідуально набуті реакції у них зникають, довільні рухи відсутні. Більшу частину часу мавпи з видаленою корою великого мозку проводять у стані сну.

У людини відомі випадки народження дітей, в яких відсутня

кора великого мозку головного мозку. Це аненцефали. Вони звичайно живуть лише кілька днів. Але відомий випадок життя аненцефала протягом 3 років 9 місяців. Після його смерті під час розтину виявилось, що великий мозок був відсутній повністю, на його місці виявили два пухирі. Протягом першого року життя ця дитина майже весь час спала. На звук і світло не реагувала. Проживши майже 4 роки, вона не навчилася говорити, ходити, впізнавати матір, хоч природжені реакції (деякі) у неї проявлялись. Вона смоктала, коли їй давали в рот сосок материнської груді або соску, ковтала і т. п.

Спостереження над тваринами з видаленими півкулями великого мозку і аненцефалами показують, що в процесі філогенезу різко зростає значення вищих відділів центральної нервової системи, підпорядкування складних реакцій організму корі великого мозку. Все, що набувається організмом протягом індивідуального життя, зв'язане з функцією великого мозку. З функцією кори великого мозку зв'язана вища нервова діяльність. Взаємодія організму із зовнішнім середовищем, його поведінка в навколишньому матеріальному світі зв'язані з півкулями великого мозку. Разом з найближчими підкірковими центрами, стовбуром мозку і спинним мозком великий мозок об'єднує окремі частини організму в єдине ціле, здійснює нервову регуляцію всіх органів.

Значення різних ділянок кори великого мозку. Функції окремих ділянок кори неоднакові, хоч кора великого мозку функціонує як єдине ціле.

Окремі області кори мають різне функціональне значення (рис. 21). Проте суворої локалізації функцій в корі не існує. В досліджах на тваринах після руйнування певних ділянок кори через деякий час сусідні ділянки брали на себе функції зруйнованої ділянки. Ця особливість пов'язана з великою пластичністю клітин кори великого мозку.

В кору великого мозку надходять доцентрові імпульси від рецепторних утворень. Кожному периферичному рецепторному апаратові відповідає в корі область, яку І. П. Павлов назвав кірковим ядром аналізатора. Області кори, де розташовані кіркові ядра аналізаторів, називають сенсорними зонами кори великого мозку.

Ядерна зона рухового аналізатора, куди надходять збудження від рецепторів суглобів, скелетних м'язів і сухожилля, розташована в передньоцентральної і задньоцентральної областях кори. Зона шкірного аналізатора, зв'язаного з температурною, больовою і тактильною чутливістю, займає задньоцентральну область (позаду центральної борозни). Найбільшу площу займає кіркове представництво рецепторів кисті рук, голосового аналізатора і обличчя; найменшу — тулуба, стегна і гомілки. Ядерна зона зорового аналізатора розташована в потиличній області. В скроневій області розташована кіркова частина слу-



Рис. 21. Локалізація деяких сенсорних і моторних зон у корі великого мозку людини (схема).

хового аналізатора, а поблизу від бокової борозни — ядерна зона смакового аналізатора.

Із сенсорними зонами взаємодіє моторна зона кори великого мозку, при подразненні якої виникає рух. Ця область розташована наперед від центральної борозни.

Ядерні зони аналізаторів — це ділянки кори, в яких закінчується основна маса провідних шляхів аналізаторів. За межами ядерних зон розташовані розсіяні елементи, куди надходять імпульси від тих же рецепторів, що і в ядро аналізатора. Останнім часом одержані дані, які підтверджують, що локалізація функцій у корі не обмежується певним полем кори, а лише переважно сприйняття того чи іншого виду чутливості зв'язане з певним полем кори; разом з тим воно може бути представлене і в сусідніх ділянках кори у вигляді полісенсорних нейронів, які реагують специфічними реакціями на подразнення різних рецепторів.

### **Автономна (вегетативна) нервова система**

**Значення автономної нервової системи.** Гладенька мускулатура внутрішніх органів, кровоносних судин і шкіри, серцевий м'яз і залози іннервуються автономною нервовою системою. Вегетативні волокна підходять і до скелетних м'язів. Але вони при

збудженні не викликають скорочення м'язів, а підвищують у них обмін речовин, тобто стимулюють їхню працездатність. Такий вплив нервової системи на діяльність органа називають трофічним. Автономна нервова система справляє трофічний вплив і на центральну нервову систему. Вона регулює діяльність внутрішніх органів і судин, секрецію залоз, роботу серця. Процеси обміну речовин також регулюються автономною нервовою системою.

**Загальний план будови автономної нервової системи.** Центри автономної нервової системи розташовані у стовбурі мозку і спинному мозку. Периферична частина складається з нервових вузлів і нервових волокон. Відростки клітин вегетативних центрів виходять із спинного мозку у складі передніх корінців спинномозкових нервів, а з головного мозку — у складі черепних нервів. Ці відростки називають прегангліонарними волокнами. Вони білого кольору, вкриті мієліною оболонкою, їхні тіла розташовані в центральній нервовій системі. Після виходу з мозку відросток закінчується у периферичному нервовому вузлі (ганглії). Відростки клітин, що знаходяться в периферичних вегетативних вузлах, ідуть до внутрішніх органів (залози тощо). Такий постгангліонарний відросток не покритий мієліною оболонкою, має сірий колір.

Таким чином, шлях від центра до органа, що іннервується, у автономній нервовій системі складається з двох нейронів. І це типова ознака автономної нервової системи. У цьому відношенні так звана соматична нервова система, що іннервує скелетні м'язи, шкіру, зв'язки, сухожилля, відрізняється від вегетативної нервової системи. У соматичній нервовій системі нервові волокна від центральної нервової системи доходять не перериваючись до органа, що вони іннервують.

Волокна вегетативної нервової системи, якщо їх зіставляти з волокнами соматичної нервової системи, відрізняються порівняно низькою збудливістю, швидкістю поширення нервових імпульсів по них невелика (1...30 м/с).

На підставі особливостей будови і деяких фізіологічних відмінностей автономну нервову систему поділяють на симпатичну і парасимпатичну частини (рис. 22).

**Симпатична частина.** Центри симпатичної частини автономної нервової системи розташовані в грудних і поперекових сегментах спинного мозку (від I грудного до I—IV поперекового). Тут у бокових рогах сірої речовини спинного мозку лежать тіла нейронів, аксони яких виходять із спинного мозку у складі передніх корінців і у вигляді окремої гілки спрямовуються до симпатичного стовбура. Симпатичні ганглії розташовані по обидва боки хребта, утворюючи два симпатичних стовбури. Кожний симпатичний стовбур являє собою ланцюг нервових вузлів, з'єднаних один з одним.



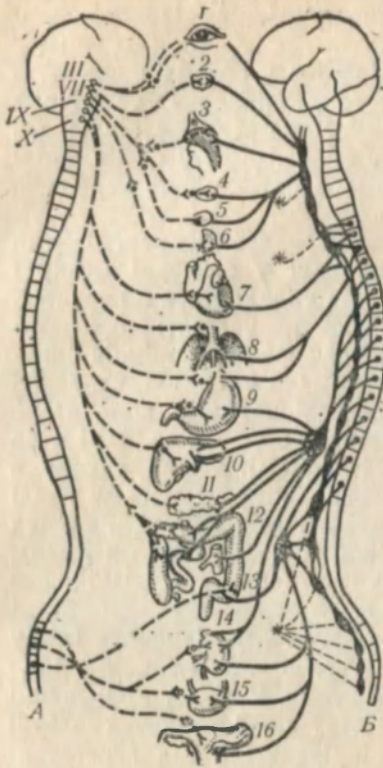


Рис. 22. Схема автономної нервової системи:

А — парасимпатична частина; Б — симпатична частина; 1 — око; 2 — слізна залоза; 3 — диaphragмальні шляхи; 4 — підщелепна залоза; 5 — під'язикова залоза; 6 — привушна залоза; 7 — серце; 8 — трахея; 9 — стравохід; 10 — печінка; 11 — підшлункова залоза; 12 — тонка кишка; 13 — товста кишка; 14 — нирка; 15 — сечовий міхур; 16 — матка.

В гангліях пограничного стовбура переривається більшість симпатичних прегангліонарних нервових волокон. Проте деяка частина їх тут не переривається і доходить до вузлів нервових сплеть (черевне, серцеве, верхньо- і нижньокрижове). В них перериваються симпатичні прегангліонарні нервові волокна, які пройшли без перерви вузли пограничного стовбура.

Симпатичні нерви іннервують фактично всі органи і тканини організму.

**Парасимпатична частина.** Тіла центральних парасимпатичних нейронів містяться в спинному, довгастому і середньому мозкові.

В спинному мозкові парасимпатичні нервові клітини розташовуються від II до IV крижового сегмента.

В стінках органів малого таза розташовані внутрішньостінні вузли, від яких відходять постгангліонарні волокна, які іннервують гладенькі м'язи і залози нижньої частини травного каналу, сечовидільні, внутрішні і зовнішні статеві органи.

Із довгастого мозку виходять парасимпатичні волокна VII, IX, X і XII черепних нервів. Головна маса парасимпатичних волокон, які виходять із довгастого мозку, покидає його в складі блукаючого нерва. Його численні волокна іннервують органи шиї, грудей і живота.

Парасимпатичні нейрони середнього мозку утворюють ядро, яке лежить на дні водопроводу мозку. У складі III пари черепних нервів (окороховий нерв) волокна підходять до війкового вузла, який міститься в задній частині очної ямки. Післявузлові волокна іннервують м'яз, який звужує зіницю.

Ганглії парасимпатичної частини автономної нервової системи розташовані у стінках внутрішніх органів або поблизу від них. Це відмітна особливість парасимпатичної частини автономної нервової системи. Внутрішньоорганні ганглії розташовані

в м'язових стінках серця, бронхів, стравоходу, шлунка, кишок, жовчного міхура, сечового міхура, а також у залозах зовнішньої і внутрішньої секреції. В парасимпатичній частині автономної нервової системи постгангліонарні волокна, на відміну від симпатичних волокон, короткі.

**Функції автономної нервової системи.** Більшість внутрішніх органів має подвійну іннервацію: до кожного з них підходять два нерви — симпатичний і парасимпатичний. Автономна нервова система регулює роботу внутрішніх органів, обмін речовин, пристосовуючи органи до поточних потреб організму. На численні органи симпатичний і парасимпатичний нерви справляють протилежний вплив. Так, симпатичний нерв прискорює і посилює роботу серця, а парасимпатичний (блукаючий) гальмує; парасимпатичний нерв зумовлює скорочення кільцевої мускулатури райдужної оболонки ока і у зв'язку з цим звуження зіниці, а симпатичний нерв спричиняє розширення зіниці (скорочення радіальної мускулатури райдужної оболонки).

М. Є. Введенським, проте, було доведено, що зміна умов подразнення дає також інший ефект: взаємно посилюючий один одного вплив симпатичних і парасимпатичних нервових волокон на серце.

Симпатична частина автономної нервової системи сприяє інтенсивній діяльності організму, особливо в екстрених умовах, коли потрібне напруження всіх його сил. Парасимпатична частина автономної нервової системи — система «відбою», вона сприяє відновленню витрачених організмом ресурсів.

Подразнення симпатичних нервів втомленого скелетного м'яза відновлює його працездатність. Все це дало підставу Л. А. Орбелі і А. Г. Гінецинському говорити про адаптаційно-трофічну функцію симпатичної частини автономної нервової системи.

Рефлекторні реакції підтримання артеріального тиску на відносно постійному рівні, теплорегуляції, прискорення і посилення серцевих скорочень при м'язовій роботі і багато інших пов'язані з діяльністю автономної нервової системи.

Всі відділи автономної нервової системи підпорядковані вищим вегетативним центрам, розташованим у проміжному мозку. До центрів автономної нервової системи надходять імпульси від ретикулярної формації стовбура мозку, мозочка, підгір'я, підкіркових ядер і кори великого мозку.

## РОЗДІЛ ІV

### Вища нервова діяльність

Значення праць І. М. Сеченова та І. П. Павлова у вивченні функцій кори великого мозку. «Батько російської фізіології» — так називав І. М. Сеченова І. П. Павлов. Вперше в історії природознавства І. М. Сеченов у своїй відомій праці «Рефлексы

головного мозгу» (1863) дав матеріалістичне пояснення психічної діяльності людини. В цій праці вперше сформульована ідея про рефлекторний принцип роботи мозку.

Геніальні ідеї І. М. Сеченова були підтверджені експериментально І. П. Павловим. Але не тільки підтверджені. І. М. Сеченов і І. П. Павлов — основоположники рефлекторної теорії, яка матеріалістично пояснює принципи відображення людиною навколишнього матеріального світу. І. П. Павлов розвинув рефлекторну теорію і створив вчення про вищу нервову діяльність. Йому вдалося відкрити нервовий механізм, який забезпечує складні форми реагування людини і вищих тварин на вплив зовнішнього середовища. Цим механізмом є умовний рефлекс.

І. М. Сеченов та І. П. Павлов були переконаними і послідовними матеріалістами, їхнє вчення завдало удару прибічникам ідеалістичних уявлень. Завдяки І. М. Сеченову та І. П. Павлову містична, непізнана «душевна» діяльність стала предметом глибокого вивчення фізіологів.

Сукупність складних форм діяльності кори великого мозку і найближчих до них підкіркових утворень, яка забезпечує взаємодію цілісного організму із зовнішнім середовищем, називають вищою нервовою діяльністю.

В ученні про вищу нервову діяльність розкриті фізіологічні механізми найскладніших процесів відображення людиною зовнішнього об'єктивного світу, що дало блискуче природничо-наукове обґрунтування лєнінської теорії відображення.

І. П. Павлов по праву вважається засновником нового напрямку в світовій фізіології. Він вивчав фізіологічні процеси, які відбуваються в окремих органах або системах органів, в їхньому нерозривному зв'язку з цілим організмом. Аналітично-синтетичний метод, введений у фізіологію І. П. Павловим, виявився дуже плідотворним і дав можливість вивчати цілісний організм в його взаємозв'язках з навколишнім середовищем.

**Методи вивчення вищої нервової діяльності.** Вивчаючи функції травних залоз за допомогою фістульного методу, І. П. Павлов помітив, що з виведеної назовні протоки слинної залози починається слиновиділення не тільки тоді, коли їжа потрапляє собаці в рот, а й при вигляді, запахів їжі, як тільки почувилася кракоти того, хто годує собаку, при дзенькоті посуду, з якого тварина їсть. І. П. Павлов пояснив це явище і дав йому назву умовний рефлекс.

За методом умовних рефлексів І. П. Павлов вивчив функцію кори великого мозку і найближчих до неї підкіркових утворень, явища іррадіації і концентрації в корі великого мозку, аналітично-синтетичну діяльність мозку. Метод умовних рефлексів дав змогу І. П. Павлову створити вчення про вищу нервову діяльність. М. І. Красногорський для вивчення вищої нервової діяльності у дітей виробляв умовні харчові рефлекси на звучання дзвоника. Звук дзвоника був умовним подразником. Підкріп-

лявся він годуванням молоком. Для збирання слини, яка при цьому виділяється, було сконструйовано капсулу-присосок. Капсула присмоктується до слизової оболонки так, що (рис. 23) в центрі її виявляється протока слинної залози, по якій слина тепер надходить не в рот, а в капсулу і через гумову трубочку виводиться назовні в пробірку або склянку.

Крім цього методу, для вивчення вищої нервової діяльності дитини користувалися реєстрацією рухового компонента харчової реакції. Для цього на рівні щитовидного хряща прикріплюється гумовий балон, заповнений повітрям. При харчовому підкріпленні умовного подразника жувальні рухи дитини вели до зміни тиску повітря в балоні, що реєструвалося на спеціальному записуючому апараті.

Вища нервова діяльність немовлят вивчається в спеціальній камері, яка відділена від експериментатора ширмою з вічком для спостереження. Дитина при цьому лежить у ліжку, під матрацом якого вмонтовані прилади, що реєструють його рухову активність при дії умовних подразників.

Тепер метод умовних рефлексів при вивченні діяльності великого мозку поєднується з дослідженням електричних явищ, які відбуваються у корі і підкіркових структурах мозку. Це метод електроенцефалографії (ЕЕГ).

Для відведення біострумів від великого мозку людини користуються звичайно срібними електродами, що мають вигляд пластинки розміром з двокопієчну монету. Електроди на голові людини, яку перевіряють, кріпляться за допомогою шоломів-сіток. Шоломи виготовляють із еластичних гумових тяжів, натяг яких регулюють. Шоломи, щільно прилягаючи до голови, надійно утримують електроди (рис. 24).

Біоструми мозку записуються на приладах — електроенцефалографах, що мають різну конструкцію і включають кілька підсилювачів біострумів, осцилографів і пульт керування ними.

Тепер випускають електроенцефалографи, які дають змогу реєструвати одночасно електричну активність від 2 до 32 точок мозку і більше. Для аналізу електричних явищ у великому мозкові використовують електронно-обчислювальні машини.

**Електрична активність кори великого мозку.** В електроенцефалограмі можна помітити хвилі, різні за амплітудою (від 5...10 до 200...300 мкВ) і частотою (від 0,5 до 70 коливань на секунду). Ритми електричної активності, які найбільше виражені



Рис. 23. Збирання слини у людини за допомогою капсули. Праворуч — зовнішній вигляд капсули.

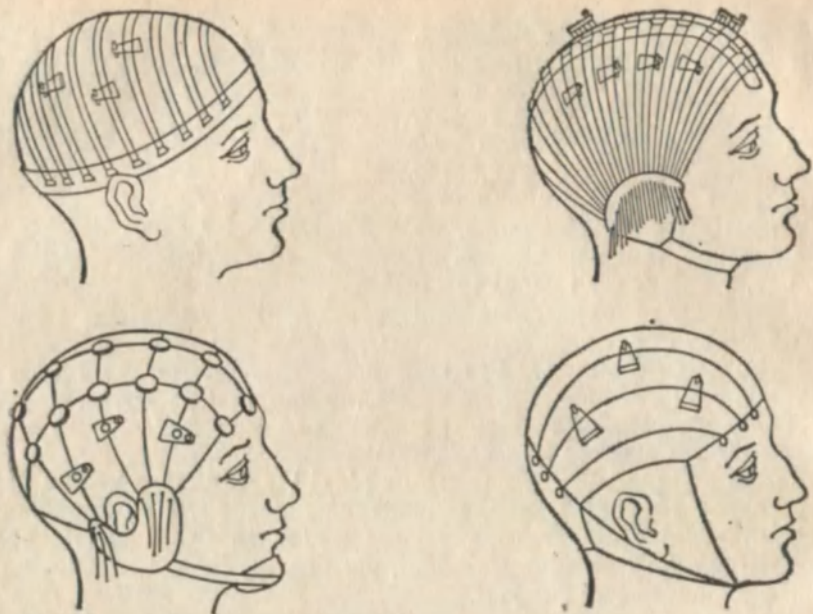


Рис. 24. Шоломи для кріплення електродів.

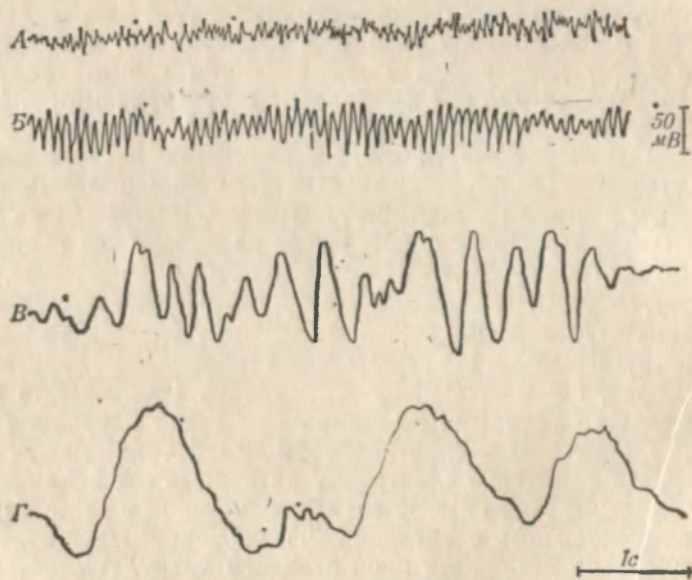


Рис. 25. Основні ритми електроенцефалограми:  
 А — бета-ритм; Б — альфа-ритм; В — тета-ритм; Г — дельта-ритм.

Т а б л и ц я 3. Ритми електроенцефалограми

Назва ритму	Частота коливань (на секунду)
$\delta$ -ритм	0,5... 3
$\theta$ -ритм	4 ... 7
$\alpha$ -ритм	8 ... 13
$\beta$ -ритм	14 ... 35

і часто зустрічаються, умовно позначають грецькими буквами  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\theta$  (рис. 25, табл. 3).

Метод електроенцефалографії, як і метод умовних рефлексів, дає змогу досліджувати діяльність мозку в природних умовах його функціонування.

### Умовні і безумовні рефлекси

**Відмінність умовних рефлексів від безумовних.** Безумовні рефлекси — природжені реакції організму; вони сформувалися і закріпилися в процесі еволюції і передаються спадково. Умовні рефлекси виникають, закріплюються, згасають протягом життя і є індивідуальними. Безумовні рефлекси є видовими, тобто вони бувають в усіх особин даного виду. Умовні рефлекси можуть бути в одних особин даного виду вироблені, а в інших відсутні. Безумовні рефлекси не потребують спеціальних умов для свого виникнення; вони обов'язково виникають, якщо на певні рецептори подіють адекватні подразники. Умовні рефлекси для свого утворення потребують спеціальних умов, вони можуть утворюватися на будь-які подразники (оптимальної сили і тривалості) з будь-якого рецептивного поля.

Безумовні рефлекси відносно постійні, стійкі, незмінні і зберігаються протягом всього життя. Умовні рефлекси мінливі і більш рухливі.

У здійсненні безумовних рефлексів беруть участь в основному підкіркові відділи центральної нервової системи. Ці рефлекси можуть здійснюватися у вищих тварин і після вилучення у них кори великих півкуль. Проте вдалося довести, що після видалення кори великого мозку, характер, перебіг безумовно-рефлекторних реакцій змінюється. Це дало підставу говорити про кіркове представництво безумовного рефлексу.

Кількість безумовних рефлексів відносно невелика. Вони самі по собі не можуть забезпечити пристосування організму до умов життя, які постійно змінюються. Умовних рефлексів виробляється протягом життя організму величезна кількість, багато з них втрачають своє біологічне значення при зміні умов

існування, згасають, виробляються нові умовні рефлекси. Це дає можливість тваринам і людині найкращим чином пристосовуватися до мінливих умов середовища.

**Умови утворення умовного рефлексу.** Умовні рефлекси виробляються на основі безумовних. Умовний рефлекс тому і назвав І. П. Павлов «умовним», що для його утворення потрібні певні умови. Перш за все потрібен умовний подразник, або сигнал. Умовним подразником може бути будь-який подразник із зовнішнього середовища або певна зміна внутрішнього стану організму. В лабораторії І. П. Павлова як умовні подразники застосовували спалах електричної лампочки, дзвоник, булькання води, подразнення шкіри, смакові, нюхові подразники, дзенькіт посуду, вигляд свічки, яка горить, та ін. Якщо щодня в певний час годувати собаку, то на цей час у нього ще до годування починається секреція шлункового соку. Тут умовним подразником став час. Умовні рефлекси тимчасово виробляються у людини при дотриманні режиму праці, споживанні їжі в один і той же час, коли вона постійно в той самий час лягає спати.

Умовний рефлекс можна виробити, поєднуючи індиферентний подразник з раніше виробленим умовним рефлексом. Таким шляхом утворюються умовні рефлекси другого порядку, тоді підкріплювати індиферентний подразник треба умовним подразником рефлексу першого порядку. Вдалося утворити в експерименті умовні рефлекси третього, четвертого порядків. Ці рефлекси, як правило, нестійкі. У дітей вдавалося виробити рефлекси шостого порядку.

Можливість вироблення умовних рефлексів утруднюють або повністю виключають сильні сторонні подразники, хвороба та ін.

Щоб виробився умовний рефлекс, умовний подразник треба підкріплювати безумовним подразником, тобто таким, який спричиняє безумовний рефлекс. Дзенькіт ножів в їдальні зумовить виділення слини у людини лише тоді, коли цей дзенькіт один або кілька разів підкріплювався споживанням їжі. Дзенькіт ножів і виделок у нашому випадку є умовним подразником, а безумовним подразником, який веде до слиновидільного безумовного рефлексу, є їжа. Вигляд свічки, яка горить, може стати сигналом до відсмикування руки у дитини лише в тому випадку, якщо хоч би один раз вигляд свічки збігся з болем від опіку. При утворенні умовного рефлексу умовний подразник повинен передувати дії безумовного подразнення (звичайно на 1...5 с).

**Механізм утворення умовного рефлексу.** Згідно з уявленнями І. П. Павлова, утворення умовного рефлексу пов'язане із встановленням тимчасового зв'язку між двома групами клітин кори між тими, які сприймають умовне, і тими, які сприймають безумовне подразнення.

При дії умовного подразника у відповідній сприймаючій зоні великого мозку (зоровій, слуховій та ін.) виникає збудження. При підкріпленні умовного подразника безумовним у відповідній зоні великого мозку виникає другий, сильніший осередок збудження, який, мабуть, набирає характеру домінантного осередку. Внаслідок притягування збудження в осередку меншої сили в осередок більшої сили відбувається протокерення нервового шляху, сумація збудження. Між обома осередками збудження утворюється тимчасовий нервовий зв'язок. Цей зв'язок стає тим міцніший, чим частіше одночасно збуджуються обидві ділянки кори. Після кількох поєднань зв'язок стає настільки міцним, що при дії одного лише умовного подразника збудження виникає і в другому осередку. Так за рахунок встановлення тимчасового зв'язку спочатку індиферентний для організму умовний подразник стає сигналом певної природженої діяльності. Якщо собака вперше почує дзвоник, він на нього дасть загальну орієнтувальну реакцію, але слина при цьому не виділиться. Підкріпимо тепер дзвоник, що звучить, їжею. При цьому в корі великого мозку виникнуть два осередки збудження: один — в слуховій зоні, а другий — в харчовому центрі (це ділянки кори, які збуджуються під впливом запаху, смаку їжі). Після кількох підкріплень дзвоника їжею в корі великого мозку між двома осередками збудження виникає (замкнеться) тимчасовий зв'язок.

В ході наступних досліджень було одержано факти, які свідчать про те, що замикання тимчасового зв'язку іде не тільки по горизонтальних волокнах (кора—кора). Розрізами сірої речовини відокремлювали у собак різні ділянки кори, проте це не заважало утворенню тимчасових зв'язків між клітинами цих ділянок. Це дало підставу гадати, що у встановленні тимчасових зв'язків важлива роль належить і шляхам кора — підкірка — кора. При цьому доцентрові імпульси від умовного подразника через згір'я і неспецифічну систему (гіпокамп, ретикулярна формація) надходять у відповідну зону кори, тут вони переробляються і по низхідних шляхах досягають підкіркових утворень, звідки імпульси приходять знову в кору, але уже в зону представництва безумовного рефлексу.

Що відбувається в нейронах, які беруть участь в утворенні тимчасового зв'язку? З цього приводу є різні точки зору. Одна з них головну роль відводить морфологічним змінам в закінченнях нервових відростків. Є дослідники, які вважають, що при багатократних поєднаннях умовного подразника з природженою рефлекторною реакцією при повторних проходженнях нервових імпульсів через синапси в останніх підвищується збудливість, в результаті чого полегшується вибірна передача імпульсів певної характеристики на наступні нейрони. Умовний зв'язок, на думку цих дослідників, ґрунтується на сумачії синаптичних збуджень і посиленні власної ритмічної діяльності



нейронів під впливом повторних умовних і безумовних подразнень. Висловлюються припущення про зміни конфігурації амінокислот у мембранах, які розділяють нейрони, що беруть участь в замиканні тимчасового зв'язку.

Відомо, що набуті умовні рефлекси можуть зберігатися тривалий час: інколи цей час обчислюється роками.

Що ж примушує набуті тимчасові зв'язки утримуватися? Механізм цього явища ще не розкритий, хоч це дуже важливо, в тому числі і для пізнання суті процесу пам'яті.

**Фізіологічні механізми пам'яті.** Запам'ятована мозком інформація зберігається більш або менш тривало. Звідси і виник поділ пам'яті на короткочасну і довгочасну. Вважають, що в кіркових клітинах, які беруть участь в утворенні тимчасового зв'язку, при короткочасному зберіганні її («короткочасна», або «оперативна», пам'ять) відбуваються певні функціональні зрушення. Збуджені умовними і безумовними подразниками ланцюги нейронів втягуються в кругову ритмічну активність по петлях зворотних зв'язків, і ця циркуляція нервових імпульсів по замкнених нейронних ланцюгах лежить в основі короткочасної пам'яті.

Тривале утримання нервових зв'язків («довгочасна» пам'ять) зв'язане, мабуть, із структурними змінами в синаптичному апараті або в тілі нервових клітин.

Вважають, що при повторних проходженнях нервових імпульсів шипики на дендритах кіркових нейронів збільшуються в розмірах, що в свою чергу підвищує синаптичну активність нейронів.

Висловлюються припущення, що довгочасна пам'ять пов'язана із зміною трофічних процесів, які зачіпають синтез медіаторів, що передають нервове збудження. Сліди пам'яті пов'язували з перерозподілом іонів, які регулюють рівень збудливості нейронів, з перебудовою ферментних систем. В останні роки значного поширення дістали погляди про роль нуклеїнових кислот і білка як імовірного матеріального носія слідів пам'яті. Багато дослідників схиляються до тієї точки зору, що матеріальним субстратом довгочасної пам'яті треба вважати ДНК ядра нервової клітини.

Є також дані про можливе збереження слідів на рівні одиночних нейронів. Це дає підставу вважати, що замикання тимчасового зв'язку є лише одним із механізмів пам'яті. Добре відомі випадки запам'ятовування від одноразової дії зовнішнього стимулу. Слід зауважити, що пам'ять людини є складний динамічний процес, який здійснюється при взаємодії різних структур мозку.

**Біологічне значення умовних рефлексів.** Організм народжується з певним фондом безумовних рефлексів. Вони забезпечують йому підтримання життєдіяльності у відносно постійних умовах існування. До них належать безумовні рефлекси: хар•

чові (жування, смоктання, ковтання, виділення слини, шлункового соку тощо), захисні (відсмокування руки від гарячого предмету, кашель, чхання, моргання при попаданні струменя повітря в око тощо), статеві рефлекси (рефлекси, пов'язані із здійсненням статевого акту, вигодовуванням і доглядом за потомством), рефлекси терморегуляційні, дихальні, серцеві, судинні, які підтримують сталість внутрішнього середовища організму (гомеостаз), та ін.

Умовні рефлекси забезпечують більш досконале пристосування організму до мінливих умов життя. Вони сприяють знаходженню їжі за запахом, своєчасному уникненню небезпеки, орієнтуванню в часові і просторі. Умовнорефлекторне виділення слини, шлункового, підшлункового соків на вигляд, запах, час вживання їжі створює кращі умови для перетравлювання їжі ще до того, як вона надійшла в організм. Посилення газообміну і збільшення легеневої вентиляції до початку роботи, тільки при вигляді обстановки, в якій здійснюється ця робота, сприяють більшій витривалості і кращій працездатності організму під час м'язової діяльності. При зміні умов середовища раніше вироблені умовні рефлекси згасають, утворюються нові умовні рефлекси.

При дії умовного сигналу кора великого мозку забезпечує організмові попередню підготовку регулювання на ті подразники зовнішнього середовища, які в подальшому справлятимуть свій вплив. Тому діяльність кори великого мозку є сигнальною.

### **Гальмування умовних рефлексів**

**Безумовне, або зовнішнє, гальмування.** Умовні рефлекси здатні гальмуватися. Відбувається це в тих випадках, коли в корі великого мозку при здійсненні умовного рефлексу виникає новий, досить сильний осередок збудження, не зв'язаний з даним умовним рефлексом. Якщо у собаки виробився умовний слиновидільний рефлекс на звук дзвоника, то вмикання яскравого світла при звукові дзвоника у цього собаки гальмує раніше вироблений рефлекс слиновиділення. В основі цього гальмування лежить явище негативної індукції: новий сильний осередок збудження в корі від стороннього подразнення зумовлює зниження збудливості в ділянках кори великого мозку, які зв'язані із здійсненням умовного рефлексу, і, як наслідок цього, настає гальмування умовного рефлексу. Інколи цей вид гальмування умовних рефлексів називають індукційним гальмуванням.

Переповнення сечового міхура, хворобливий запальний осередок також здатні загальмувати умовні рефлекси.

Індукційне гальмування не потребує вироблення (тому воно і належить до безумовного гальмування) і розвивається одразу, як тільки подіє зовнішній, сторонній для даного умовного рефлексу подразник.

До зовнішнього гальмування відносять також позамежне гальмування. Воно проявляється при надмірному збільшенні сили або часу дії умовного подразника. При цьому умовний рефлекс різко слабшає або повністю зникає. Це гальмування має охоронне значення, бо захищає нервові клітини від подразників надто великої сили або тривалості, які могли б порушити їхню діяльність.

**Умове, або внутрішнє, гальмування.** Внутрішнє гальмування, на відміну від зовнішнього, розвивається всередині дуги умовного рефлексу, тобто в тих нервових структурах, які беруть участь у здійсненні даного рефлексу.

Якщо зовнішнє гальмування виникає відразу, як тільки подіяв гальмуючий агент, то внутрішнє гальмування треба виробляти, воно виникає за відповідних умов, і це інколи вимагає певного часу.

Одним з видів внутрішнього гальмування є згасання. Воно розвивається лише тоді, коли умовний рефлекс багато разів не підкріплюють безумовним подразником.

Через деякий час після згасання умовний рефлекс може відновитися, якщо ми знову підкріпимо дію умовного подразника безумовним.

Неміцні умовні рефлекси відновлюються важко. Згасанням можна пояснити тимчасову втрату трудового навичку, навички гри на музичних інструментах, неміцність знань навчального матеріалу, якщо він не закріплювався повтореннями.

У дітей згасання відбувається значно повільніше, ніж у дорослих. Саме тому важко відучити дітей від шкідливих звичок. Згасання лежить в основі забування.

Згасання умовних рефлексів має важливе біологічне значення. Завдяки йому організм перестає реагувати на сигнали, які втратили своє значення. Скільки б непотрібних, зайвих рухів при письмі, трудових операціях, спортивних вправах робила людина без згасального гальмування!

Запізнювання умовних рефлексів також належить до внутрішнього гальмування. Воно розвивається, якщо припинити на якийсь час підкріплення умовного подразника безумовним. Звичайно при виробленні умовного рефлексу включають умовний подразник — сигнал (наприклад, дзвоник), а за 1...5 с дають їжу (безумовне підкріплення). Коли рефлекс вироблено, одразу після вмикання дзвоника, хоч їжу ще й не дали, починає текти слина. Тепер зробимо так: ввімкнемо дзвоник, а харчове підкріплення поступово перенесемо на 2...3 хв після початку звучання дзвоника. Після кількох (інколи досить багаторазових) поєднань дзвоника, який звучить, із затриманим підкріпленням їжею розвивається запізнювання: дзвоник вмикається, а слина тепер тектиме не зразу, а через 2...3 хв після вмикання дзвоника. Через непідкріплення протягом 2...3 хв умовного подразника (дзвоника) безумовним (їжею) умовний подраз-

ник протягом часу непідкріплення набуває гальмівного значення.

Запізнювання створює умови для кращого орієнтування тварини в навколишньому світі. Вовк не одразу кидається на зайця, побачивши його на значній віддалі. Він вичікує, поки заєць наблизиться. Від моменту, коли вовк побачив зайця, до того часу, коли заєць наблизився до вовка, в корі великого мозку вовка відбувається процес внутрішнього гальмування: гальмуються рухові й харчові умовні рефлекси. Якби цього не було, вовк часто залишався б без здобичі, кидаючись в погоню одразу, як тільки він побачить зайця. Запізнювання, яке виробилося у вовка, забезпечує йому здобич.

Запізнювання у дітей виробляється з великими труднощами під впливом виховання і тренування. Згадайте, як нетерпляче тягне руку першокласник, розмахуючи нею, встаючи з-за парти, щоб на нього звернув увагу вчитель. І тільки з настанням старшого шкільного віку (та й то не завжди) ми відмічаємо витримку, вміння стримувати свої бажання, силу волі.

Подібні звукові, нюхові та інші подразники можуть сигналізувати про цілком різні події. Тільки точний аналіз подібних подразників забезпечує біологічно доцільні реакції тварини. Аналіз подразнень полягає в розрізненні, розподілі різних сигналів, диференціюванні схожих впливів на організм. В лабораторії І. П. Павлова вдалося, наприклад, виробити таке диференціювання: 100 ударів метронома на 1 хв підкріпляли їжею, а 96 ударів не підкріпляли. Після кількох повторень собака розрізняв 100 ударів метронома від 96: на 100 ударів у нього текла слина, а на 96 ударів слина не виділялася. Розрізнення, або диференціювання, схожих умовних подразників виробляється шляхом підкріплення одних і непідкріплення інших подразників. Гальмування, яке при цьому розвивається, пригнічує рефлекторну реакцію на подразники, що не підкріплюються. Диференціювання — один із видів умовного (внутрішнього) гальмування.

Завдяки диференційовальному гальмуванню ми розрізняємо звуки, шуми, колір, форму, відтінки предметів, схожі будинки, людей, з багатьох подібних предметів вибираємо той, який нам потрібен, і т. п. Уже з перших місяців життя дитини починає вироблятися диференціювання. Це допомагає орієнтуватися в навколишньому світі, вичленювати з нього подразники значущі, сигнальні.

### **Аналіз і синтез подразнень в корі великого мозку**

Поняття про аналітико-синтетичну діяльність. Численні подразники зовнішнього світу і внутрішнього середовища організму сприймаються рецепторами і стають джерелом імпульсів, які надходять в кору великого мозку. Імпульси, які надійшли,

в корі аналізуються, розрізняються і синтезуються, з'єднуються, узагальнюються.

Здатність кори розділяти, вичленювати і розрізняти окремі подразнення, диференціювати їх і є виявленням аналітичної діяльності кори великого мозку.

Слід зауважити, що початковий аналіз подразнень починається уже в рецепторах (одні з них сприймають світлові подразники, другі звукові, треті хімічні і т. д.). Вищі форми аналізу відбуваються в корі великого мозку.

З аналітичною діяльністю кори великого мозку тісно пов'язана її синтетична діяльність, яка виявляється в об'єднанні, узагальненні збудження, що виникло в різних її ділянках під дією різних подразників. Прикладом синтетичної діяльності кори великого мозку може бути утворення тимчасового зв'язку, яке лежить в основі вироблення будь-якого умовного рефлексу. Складна синтетична діяльність виявляється в утворенні рефлексів другого, третього і вищих порядків. В основі узагальнення лежить процес іррадіації збудження.

Аналіз і синтез нерозривно зв'язані між собою, і в корі відбувається складна аналітико-синтетична діяльність.

**Динамічний стереотип.** Зовнішній світ діє на організм не однорідними подразниками, а звичайно системою одночасних і послідовних подразників. Якщо ця система в такому порядку часто повторюється, то це веде до утворення системності, або динамічного стереотипу, в діяльності кори великого мозку.

Динамічний стереотип — це послідовний ланцюг умовно-рефлекторних актів, які здійснюються в суворо визначеному, закріпленому в часові порядкові і є наслідком складної системної реакції організму на складну систему позитивних (тих, що підкріплюються) і негативних (тих, що не підкріплюються, або гальмівних) умовних подразників.

Вироблення стереотипу — приклад складної синтезуючої діяльності кори. Стереотип виробляється важко, але якщо він виробився, то підтримання його не потребує значного напруження кіркової діяльності, багато дій при цьому стають автоматичними. Динамічний стереотип є основою утворення звичок у людини, формування певної послідовності в трудових операціях, набуття вміння і навичок.

Ходьба, біг, стрибки, катання на лижах, гра на роялі, користування під час їди ложкою, виделкою, ножем, письмо — все це навички, в основі яких лежить утворення динамічних стереотипів в корі великого мозку.

Утворення динамічного стереотипу лежить в основі режиму діяльності кожної людини. Стереотипи зберігаються багато років і становлять основу поведінки людини. Стереотипи дуже важко піддаються переробці. Згадайте, як важко «перевчити» дитину, якщо вона навчилася неправильно тримати ручку при письмі, неправильно сидіти за столом, партою і т. п. Труднощі перероб-

ки стереотипів змушують звертати особливу увагу на правильність прийомів виховання і навчання дітей з перших років життя.

### Якісні особливості вищої нервової діяльності людини

Вчення І. П. Павлова про дві сигнальні системи дійсності. Вища нервова діяльність у людини, як і у тварин, має рефлекторний характер. І у людини виробляються умовні рефлекси на різні сигнали зовнішнього світу або внутрішнього стану організму. І у людини виникає зовнішнє і розвивається внутрішнє гальмування.

Загальними і для тварин, і для людини є аналіз і синтез конкретних сигналів, предметів і явищ зовнішнього світу, які становлять першу сигнальну систему діяльності. «Для тварини дійсність сигналізується майже завжди тільки подразненнями і слідами їх у півкулях великого мозку, які безпосередньо надходять у спеціальні клітини зорових, слухових та інших рецепторів організму...

Це перша сигнальна система дійсності, спільна з тваринами»<sup>1</sup>.

Але вища нервова діяльність людини має свої якісні особливості, які ставлять її над всім тваринним світом. І хоч у людини умовні рефлекси виробляються швидше, ніж у тварин, відрізняються більшою міцністю, легше утворюються рефлекси на складні комплекси подразників, не це становить основну відмінність людини від тварин.

Формування людини пов'язане з трудовою діяльністю. Колективна трудова діяльність людей сприяла виникненню і розвитку членороздільної мови, яка внесла нове у діяльність великого мозку. Тільки людині властива високорозвинена свідомість, абстрактне мислення. У людини в процесі її розвитку з'явився «надзвичайний додаток» до механізмів роботи мозку. Це друга сигнальна система дійсності. У людини з'явилися, розвинулися і надзвичайно удосконалилися сигнали другої системи, сигнали цих первинних сигналів — у вигляді слів, які вимовляються, чути і видно» (Павлов). Слово, мовні сигнали можуть не тільки замінювати безпосередні сигнали, а й узагальнювати їх, виділяти окремі ознаки предметів і явищ, встановлювати їхні зв'язки.

Виникнення другої сигнальної системи внесло новий принцип у діяльність великого мозку людини. І. П. Павлов писав, що коли наші відчуття і уявлення, які належать до навколишнього світу, є перші сигнали дійсності, конкретні сигнали, то мова, передусім всі кінестетичні подразнення, які йдуть в кору

<sup>1</sup> Павлов І. П. Полн. собр. соч. 2-е изд., т. 3, кн. 2. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1951, с. 335—336.

від мовних органів, є другі сигнали, сигнали сигналів. Вони являють собою абстрагування від дійсності і допускають узагальнення, що й становить додаткове спеціально людське вище мислення, яке створює спершу загальнолюдський емпіризм і, нарешті, науку — зброю вищого орієнтування людини в навколишньому світі і в собі самій.

Слово як сигнал сигналів дає можливість абстрагуватися від конкретних предметів і явищ. Розвиток словесної сигналізації зробив можливим узагальнення і абстрагування, що знаходить своє вираження в поняттях.

Друга сигнальна система соціально зумовлена. Поза суспільством, без спілкування з іншими людьми вона не розвивається. Діти, які в ранньому віці потрапили в лігво звірів і вирости там (діти-мауглі), не розуміли людську мову і не вміли говорити, їх неможливо навчити говорити. Про це свідчать дані про людей, які в молодому віці на тривалий час були ізольовані від суспільства. Вони забували людську мову.

Перша і друга сигнальні системи невіддільні одна від одної, вони функціонують спільно. Вища нервова діяльність людини в цьому розумінні єдина.

### **Типи вищої нервової діяльності**

**Поняття про тип вищої нервової діяльності.** Умовнорефлекторна діяльність залежить від індивідуальних властивостей нервової системи. Індивідуальні властивості нервової системи зумовлені спадковими особливостями індивіда і його життєвим досвідом. Сукупність цих властивостей називають типом вищої нервової діяльності.

**Властивості нервових процесів.** І. П. Павлов на підставі багаторічного вивчення особливостей утворення і перебігу умовних рефлексів у тварин виділив 4 основних типи вищої нервової діяльності. В основу поділу на типи він поклав три основних показники: 1) силу процесів збудження і гальмування; 2) взаємну врівноваженість, тобто співвідношення сили процесів збудження і гальмування; 3) рухливість процесів збудження і гальмування, тобто швидкість, з якою збудження може змінюватися гальмуванням, і навпаки.

**Класифікація типів вищої нервової діяльності.** На підставі виявлення цих трьох властивостей І. П. Павлов виділив: 1) тип сильний, але неврівноважений з переважанням збудження над гальмуванням («нестримний» тип); 2) тип сильний, врівноважений, з великою рухливістю нервових процесів («живий», рухливий тип); 3) тип сильний, врівноважений, з малою рухливістю нервових процесів («спокійний», малорухливий, інертний тип); 4) тип слабкий, який характеризується швидкою виснаженістю нервових клітин, що приводить до втрати працездатності.

І. П. Павлов вважав, що основні типи вищої нервової діяльності, виявлені на тваринах, збігаються з чотирма темпераментами, встановленими у людей грецьким лікарем Гіппократом, який жив у IV ст. до н. е. Слабкий тип відповідає меланхолічному темпераменту; сильний нерівноважений тип — холеричному темпераменту; сильний врівноважений, рухливий тип — сангвінічному темпераменту; сильний врівноважений, з малою рухливістю нервових процесів — флегматичному темпераменту.

Проте треба мати на увазі, що півкулям великого мозку людини як істоти соціальної властива досконаліша синтетична діяльність, ніж мозку тварин. Людині властива якісно особлива нервова діяльність, пов'язана з наявністю у неї мовної функції.

Залежно від взаємодії, врівноваженості сигнальних систем І. П. Павлов поряд з чотирма спільними для людини і тварин типами виділив спеціально людські типи вищої нервової діяльності: 1. Художній тип. Характеризується перевагою першої сигнальної системи над другою. До цього типу належать люди, які безпосередньо сприймають дійсність, широко користуються почуттєвими образами. 2. Розумовий тип. Це люди з переважанням другої сигнальної системи, «мислителі», з вираженою здатністю до абстрактного мислення. 3. Більшість людей належать до середнього типу з врівноваженою діяльністю двох сигнальних систем. Їм властиві як образні враження, так і умовляння висновки.

**Пластичність типів вищої нервової діяльності.** Природжені властивості нервової системи не є незмінні. Вони можуть тією чи іншою мірою змінюватися під впливом виховання внаслідок пластичності нервової системи. Тип вищої діяльності складається із взаємодії успадкованих властивостей нервової системи і впливів, яких зазнає індивід у процесі життя.

Пластичність нервової системи І. П. Павлов називав найважливішим педагогічним фактором. Сила, рухливість нервових процесів піддаються тренуванню, і діти нерівноваженого типу під впливом виховання можуть набути рис, які зближують їх з представниками врівноваженого типу. Тривале перенапруження гальмівного процесу у дітей слабкого типу може привести до «зриву» вищої нервової діяльності, виникнення неврозів. Такі діти із зусиллям звикають до нового режиму праці і потребують спеціальної уваги.

**Фізіологічний механізм емоцій.** Емоції виникли в процесі еволюції людини, і їм належить важлива роль у формуванні поведінкових реакцій організму, прагнень і задоволенні потреб людини. «...без «людських емоцій» ніколи не було, нема і бути не може людського шукання істини»<sup>1</sup>

І. П. Павлов пояснив появу емоцій легкістю або трудностю перебігу нервових процесів. Якщо викликати дратливий процес,

<sup>1</sup> Ленін В. І. Повне збір. тв., т. 25, с. 109.



а потім обмежити його гальмівним, то це завжди створює негативні емоції. «Якщо я, наприклад, чим-небудь зайнятий, мене спрямовує відомий дратливий процес, і якщо в цей час мені скажуть «зроби ось те», мені стає неприємно. Це означає, що сильний дратливий процес, який мене захоплював, мені треба загальмувати і перейти потім до другого. Класичним прикладом щодо цього є так звані вередливі діти. Ви наказуєте їм щось зробити, тобто вимагаєте від дитини загальмувати один дратливий процес і почати інший. І справа доходить часто до сильної сцени. Дитина кидається на підлогу, б'є ногами і т. д.»<sup>1</sup>

У формуванні емоційної поведінки людини і тварини важлива роль належить згир'ю і лімбічній системі. До лімбічної системи відносять нервові утворення головного мозку, розташовані на медіальному (серединному) боці півкуль, біля верхнього відділу стовбура мозку: поперекову закрутку, яка переходить у гіпокампову закрутку, область гіпокампа, зубчасту фасцію, склепіння і мигдалеподібне тіло.

Функції лімбічної системи багатогранні. При подразненні електричним струмом підзгир'я і мигдалеподібного тіла або видалення поперекової закрутки у тварин спостерігається реакція лютості, агресивної поведінки (форкання, ричання, розширення зіниць, зміна серцевого ритму). Двобічне руйнування мигдалеподібного тіла у пацюків веде до зниження рухової активності; реакції лютості й агресії при цьому не спостерігаються. При руйнуванні мигдалеподібного тіла у людини, за медичними показниками, знижується емоційна активність типу страху, гніву, лютості.

Позитивні емоції підвищують силу життєвих процесів: дихання стає глибшим, пульс рівнішим, на щоках з'являється рум'янець, минає втома. Виявом позитивних емоцій є посмішка, сміх.

Негативні емоції впливають на здоров'я, пригнічують людину: вона стає в'яла, неуважна, апатична, «згинається» під тягарем горя. Різке вираження негативних емоцій — плач.

Емоції дітей нестійкі. Через слабкість контролю з боку вищих відділів мозку дитина легко і швидко починає плакати і так же швидко від плачу може перейти до сміху. Нерідко молодші школярі плачуть у зв'язку з настанням втоми. Від радощів дитина голосно сміється, кричить, махає руками. З віком емоціональні прояви стають стриманіші. Цьому дитина вчиться у дорослих, і тут дуже важливо, щоб дорослі були зразком у цьому відношенні. Виховувати емоції треба з раннього віку. І в цьому неабияку роль відіграє виховання внутрішнього гальмування у дітей.

Разом з тим треба мати на увазі, що позитивні емоції є

<sup>1</sup> Павлов И. П. Полн. собр. соч. 2-е изд., т. 3, кн. 2. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1951, с. 27.

важливим фактором у підвищенні загального рівня функціонування нервових структур, в забезпеченні їхньої мобілізаційної готовності до сприймання інформації із зовнішнього світу.

Досвідченим вчителям відомо, що емоційний виклад матеріалу загострює увагу учнів і підвищує інтерес до навчання. Кожний із нас добре знає: коли настроїй хороший, то й працюється добре. А як потрібні хороші емоції спортсменові, як вони допомагають йому боротися і перемагати!

Лікарі твердять, що люди з хорошим настроєм рідше хворіють, а в періоди воєнних перемог рани у солдат заживали швидше і краще.

## Сон

**Фізіологічне значення сну.** Третю частину життя людина проводить у стані сну. Чергування сну і неспання — необхідна умова життєдіяльності людського організму. Мозок підтримується в несплячому стані за рахунок імпульсів, які надходять від рецепторів. При припиненні або різкому обмеженні надходження аферентних імпульсів в кору великого мозку розвивається сон. Це було доведено на хворих, в яких порушено багато видів чутливості. В клініці відомого російського клініциста С. П. Боткіна була хвора, в якої із всіх органів чуттів функціонували тільки рецептори дотику і м'язового відчуття однієї руки. Більшу частину часу хвора проводила у стані сну і прокидалася тільки, коли доторкувалися до її здорової руки.

Сон розвивається і при дії на кіркові клітини тривалої і надмірної сили подразників. При цьому в клітинах кори розвивається гальмування, яке має охоронне значення. І. П. Павлов писав: «Клітини великих півкуль дуже чутливі до найменших коливань зовнішнього середовища і їх треба ретельно оберігати від перенапруження, щоб не дійти до органічного руйнування. Таким охоронним засобом для клітин великих півкуль є гальмування»<sup>1</sup>. Гальмування забезпечує корі великого мозку умови для відновлення працездатності під час сну.

**Уявлення про механізми сну.** Згідно з уявленнями І. П. Павлова, сон за своєю фізіологічною суттю є гальмуванням, яке поширюється по корі і підкіркових утвореннях мозку. При цьому активний сон розвивається під впливом гальмівних умовних подразників, а пасивний — при обмеженні потоку аферентних імпульсів в кору великого мозку.

Тепер встановлено існування в стовбурній частині великого мозку утворень, які впливають на настання сну і неспання. Підтримання стану неспання зв'язане з активізуючими впливами, що йдуть в кору великого мозку із ретикулярної фор-

<sup>1</sup> Павлов І. П. Полн. собр. соч. 2-е изд., т. 3, кн. 2. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1951, с. 392.

мації стовбура мозку. Перетинання мозку вище ретикулярної формації викликає у тварини безперервний сон.

Настання сну зв'язують із збудженням структур, які розташовані в області згір'я. Ці структури пригнічують активність ретикулярної функції.

Під час сну змінюється фізіологічна активність організму. У людини, яка спить, розслаблюється мускулатура, і, якщо людина засинає сидячи, її голова опускається на груди, тулуб сповзає з сидіння, знижуються шкірна чутливість, зір, слух, нюх, умовні рефлекси загальмовані. Дихання у сплячої людини рідке, обмін речовин, величина артеріального тиску, частота серцевих скорочень знижені.

Змінюється і електрична активність мозку під час сну. При переході від неспання до сну в електроенцефалограмі зникає основний ритм спосом — альфа-ритм. Під час наступних стадій сну з'являються в ЕЕГ повільні хвилі (1...2 і 4...6 коливань на секунду).

При вивченні електричної активності мозку під час сну було помічено, що періодично, через кожні 80...90 хв, повільні ритми в електроенцефалограмі змінюються швидкими високочастотними ритмами, які подібні до ритмів мозку, що не спить. Це періоди парадоксального, або швидкого, сну. Нічний сон складається із чергування періодів повільного і швидкого сну. У дорослих людей швидкий сон становить по 25% загального періоду сну, а у новонароджених — 65...85%.

Сновидіння. В момент реєстрації швидких ритмів ЕЕГ у сплячої людини можна спостерігати прискорення дихання, рухи очей, почастищення пульсу, скорочення м'язів, у дітей — гримаси, судорожні посмикування кінцівок. Якщо людину в цей час розбудити, то вона говорить, як правило, що бачила сон і може розповісти його зміст.

Вважають, що поява високочастотних коливань в ЕЕГ сплячої людини є електрофізіологічним виявом сновидінь.

На загальному фоні гальмування кіркових клітин, мабуть, залишаються ділянки, що перебувають у стані активності.

Уві сні нормальні функціональні відносини між окремими групами клітин кори великого мозку порушуються (більшість же з них перебуває в стані гальмування!). Цим пояснюється незвичайний, часом фантастичний характер сновидінь. Сновидіння — це комбінація вражень, які виникають під час сну і зберігаються в мозку.

Інтенсивність кіркового гальмування під час сну не залишається постійною. Подразнення із зовнішнього і внутрішнього середовища, які діють на сплячу людину, можуть приводити окремі ділянки кори в несплячий стан. Дитина з цієї причини може вві сні стогнати, плакати. Якщо ізольований осередок збудження виникає в області рухового аналізатора, то діти вві сні часто перевертаються, виявляють руховий неспокій.

Ділянки, які не сплять, зберігаються в тих областях кори, які сприймають подразнення особливої значимості для організму. Мати, яка провела кілька ночей коло ліжка хворої дитини, знесилившись, засинає. Вона не чує голосних звуків, її не будить яскраве світло. Але варто тільки хворій дитині застогнати або поворухнутися в ліжку, як вона вмить просинається. І. П. Павлов такі ділянки кори, які не сплять під час сну, назвав охоронними пунктами.

З'ясування фізіологічних механізмів сну і сновидінь дуже важливе у формуванні матеріалістичного світогляду, атеїстичних поглядів і переконань.

Проблема сну і сновидінь завжди була одним із пунктів гострих сутичок між науковою думкою і забобонами. Ще і тепер є люди, які вірять, що вві сні їх відвідують душі померлих предків і керують ними в щоденному житті. Християнська церква підтримує віру в сновидіння як засіб спілкування з богом, ангелами, святими і дияволом. Зміцнюється віра у пророцькі, «віщі» сні. Ще в стародавні часи існували тлумачі снів, а в наші дні в багатьох країнах видаються різні сонники та ін.

Прогрес наукових знань допомагає в боротьбі з неуцькими і містичними уявленнями.

### **Вища нервова діяльність дитини**

**Вікові особливості функціонування мозку дитини (за даними електроенцефалографії).** Виявом активності нервових елементів кори великого мозку є основний ритм, що домінує в електроенцефалограмі дорослої людини під час спокійного неспання, так званий альфа-ритм (частота 8...13 коливань на секунду).

З активністю підкіркових структур пов'язана наявність в електроенцефалограмі інших ритмів — повільних дельта- (частота 0,5...3 коливання на секунду) і тета- (частота 4...7 коливань на секунду) хвиль (див. рис. 25). Ці ритми представлені у дорослої людини під час спокійного неспання лише одиничними коливаннями; вони рееструються під час сну або емоціонального напруження, тобто в функціональних станах, коли переважно активні структури проміжного мозку.

Аналіз електроенцефалограм дітей різного віку показує, що підкіркові структури, які є найбільш філогенетично давніми утвореннями мозку і відіграють дуже важливу роль в забезпеченні життєво важливих функцій, визрівають значно раніше, ніж вищі відділи центральної нервової системи (кори великого мозку). Повільна активність в електроенцефалограмі, яка відображує їхнє функціонування, практично сформована уже в грудному віці і рееструється уже у новонароджених дітей.

Альфа-ритм у ході індивідуального розвитку з'являється вперше у дітей в 3-місячному віці. У віці 4...5 років за своєю частотною характеристикою (5...7 коливань на секунду) альфа-ритм

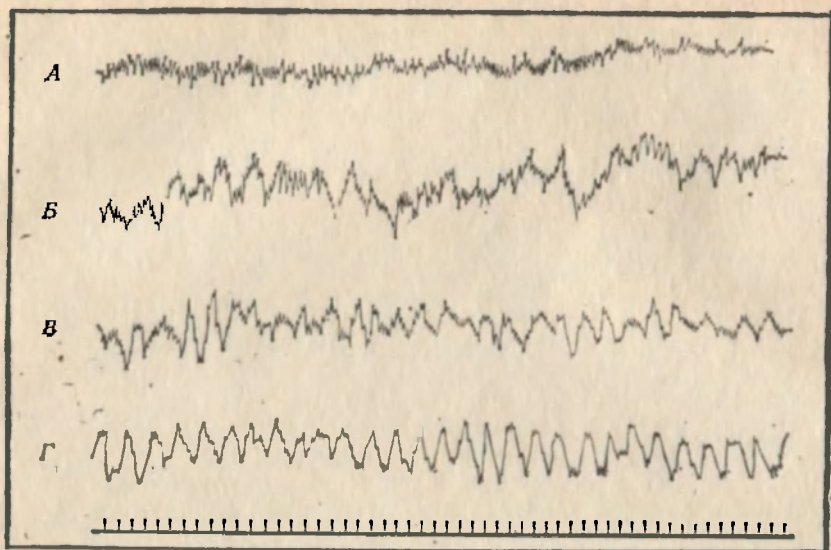


Рис. 26. Вікові особливості альфа-ритму дитини:  
 А — шестимісячної дитини; Б — дитини 2,5 року; В — дитини 10 років; Г — підлітка.

істотно відрізняється від альфа-ритму дорослого, що визначається незрілістю нервових елементів кори великого мозку (рис. 26).

Певний ступінь незрілості кіркових структур в дитячому віці визначає ще одну важливу особливість енцефалограми дитини — підвищену вираженість повільних хвиль підкіркового походження. Така підвищена активність підкіркових утворень простежується за електроенцефалографічними показниками у дітей, включаючи молодший шкільний вік. Хоч у 7...8 років основний ритм спокою, який свідчить про визрівання кіркових структур, і зазнає дальшого розвитку, досягаючи в цьому віці частоти, яка лежить у нижньому діапазоні альфа-ритму, проте електроенцефалограма спокою молодшого школяра характеризується ще значним числом високоамплітудних повільних тетрахвиль. Коливання цього типу в ЕЕГ спокою у дорослих спостерігаються тільки при патологічній активності підкіркових структур або різко виражених емоціональних станах. Їх наявність в ЕЕГ спокійного неспання здорових дітей є результат вікової специфіки кірково-підкіркової взаємодії, результат меншого, ніж у дорослого, ступеня переважного впливу кори на підкіркові структури.

З дозріванням кори характер кірково-підкіркової взаємодії істотно змінюється. Близькі до типу дорослого кірково-підкіркові взаємовідносини з вираженим гальмівним впливом кори на підкіркові структури встановлюються у 10...12 років, коли за показниками ЕЕГ кора великого мозку досягає значної зрілості.

В ЕЕГ реєструється альфа-ритм, який за своїм рисунком, амплітудою і частотою істотно не відрізняється від альфа-ритму в дорослих, тета-хвилі підкіркового походження зберігаються лише у вигляді окремих коливань невеликої амплітуди.

В 13...15-річному віці знову спостерігається посилення підкіркової активності. Це період статевого дозрівання. Він характеризується підвищеною активністю одного із відділів проміжного мозку — підзгір'я, функція якого тісно пов'язана з діяльністю залоз внутрішньої секреції. На ЕЕГ це знаходить своє відображення в деякому збільшенні вираженості повільних тета-хвиль. У поведінці підлітків у цей період спостерігаються підвищена нервозність, нестриманість, нестійкість емоційних реакцій. До 16...17 років підкіркові знаки, які відображають активність структур проміжного мозку, зникають. В ЕЕГ починає чітко домінувати кірковий альфа-ритм. З цього віку встановлюються характерні для дорослих кірково-підкіркові взаємовідносини.

Структурно-функціональне дозрівання кори великого мозку і набуття нею головної ролі в кірково-підкірковій взаємодії є надзвичайно важливим у поведінкових реакціях дитини. Зростання гальмівного впливу кори на підкіркові структури сприяє наростанню стриманості, контрольованості і усвідомленості вчинків. Посилення організуючої ролі кори великого мозку, яке спостерігається протягом тривалого індивідуального розвитку дитини, є основою для формування процесів уваги і зосередженості.

Сучасна нейрофізіологія має дані, які свідчать про те, що механізми, які визначають формування процесів уваги, зазнають значних змін протягом тривалого періоду індивідуального розвитку. Ознаки елементарної, так званої мимовільної, уваги, або орієнтувальної реакції, які зумовлюються раптовими подразниками, можна спостерігати уже в перші місяці життя дитини. Вони виражаються в вегетативних і поведінкових реакціях: зміні дихання, частоти серцевих скорочень, повороті голови, очей, припиненні іншої діяльності. Уже в дитячому віці відмічається втягнення кори великого мозку в реакцію на зовнішні сигнали, що виявляється в деякій зміні ритмічної електричної активності мозку. Проте цей кірковий компонент орієнтувальної реакції в дитячому віці дуже істотно відрізняється від того, що спостерігається в дорослих. У маленьких дітей, включаючи молодший шкільний вік, далеко не завжди може бути зареєстрований кірковий компонент орієнтувальної реакції, виявом якого в дорослих є так звана реакція десинхронізації, яка полягає в блокаді альфа-ритму і появі низькоамплітудних швидких коливань по всій корі великого мозку. Так реакція, яка відображує активацію кори навіть у 7...9-річних дітей, спостерігається тільки в 50% випадків і має невелику тривалість.

Електроенцефалографічний вияв орієнтувальної реакції стає таким самим, як у дорослих, у 10...12 років. Оскільки цей вік

характеризується, за даними електроенцефалографічних досліджень, високим ступенем зрілості кори і істотними зрушеннями в кірково-підкіркових взаємозв'язках, природно припустити, що ці фактори визначають формування механізмів мимовільної уваги.

Отже, дошкільний і молодший шкільний вік характеризуються особливостями мимовільної уваги, зумовленими незрілістю фізіологічних механізмів, які визначають становлення цієї психічної функції. Формування механізмів мимовільної уваги є надзвичайно важливим фактором забезпечення оптимальних умов прийому зовнішньої інформації, а отже, і процесу навчання. Але ще важливішим для здійснення процесів сприйняття в умовах величезної кількості зовнішньої інформації і її різкого збільшення у шкільному віці є становлення механізмів довільної уваги, які забезпечують відбір найістотніших сигналів, що відповідають інтересам дитини, її намірам і завданням, які стоять перед нею. На відміну від елементарної мимовільної уваги, в основі якої біологічний орієнтувальний рефлекс, довільну увагу, згідно з концепцією Л. С. Виготського, треба розглядати як акт соціальний, проте реалізація цього акту визначається конкретними нейрофізіологічними механізмами, системною діяльністю ряду мозкових структур.

Перш ніж перейти до розгляду механізмів довільної уваги, треба спинитися на формуванні сприймаючої функції мозку в процесі розвитку дитини і її особливостях в шкільному віці. Приймання і первинний аналіз зовнішніх сигналів у проєкційних відділах кори, де закінчуються провідні шляхи від периферичних апаратів, відбувається на дуже ранніх етапах розвитку. Уже в новонароджених і немовлят у цих відділах кори реєструються відповіді, які змінюються при зміні характеру подразника, що свідчить про можливість приймання якісно специфічної інформації в такому ранньому дитячому віці. Ці дані становлять великий інтерес для вирішення однієї із найважливіших педагогічних проблем — питання про строки початку сенсорного виховання.

Проте процес сприйняття далеко не вичерпується прийманням і первинним аналізом подразників проєкційного крою — це лише початковий етап цього складного системного акту.

Проте процес сприйняття далеко не вичерпується прийманням і первинним аналізом подразників проєкційною корою — це лише початковий етап цього складного системного акту.

В реалізації процесу сприйняття беруть участь також інші, не-проєкційні, так звані асоціативні області кори. Сама назва цих областей свідчить про їхні функції — тут здійснюється взаємодія сигналів, які надходять з різних аналізаторних систем.

Наприклад, відомо, що при читанні вголос взаємодіють одночасно сигнали, що надходять у мозок із зорової, слухової систем, і сигнали з мовнорухової мускулатури. Якщо слухові

сигнали за допомогою нескладної апаратури подавати з невеликим затриманням, то людина, яка читає, починає збиватися, робити помилки або зовсім замовкає. Асоціативні області кори, які здійснюють цю взаємодію, дозрівають значно пізніше (у 5...6 років і неодноразово).

В шкільному віці участь нероекційних областей посилюється і удосконалюється. Це найбільшою мірою характерне для лобних відділів кори великого мозку.

Збільшення ступеня участі в процесі сприйняття лобних областей відмічається в старшому шкільному віці.

Із включенням лобних областей кори в сприйняття зв'язане формування довільної уваги. Це визначається роллю лобних областей в аналізі словесних сигналів, прийнятті рішення і організації діяльності. Саме лобні відділи кори є тим апаратом, що забезпечує складні форми активації, які зумовлюються мовними інструкціями і лежать в основі довільної уваги.

Деякий ступінь незрілості лобних областей кори молодших школярів порівняно із старшими визначає, мабуть, те утруднення в організації довільної уваги, а відповідно і вибірного сприйняття, яке спостерігається у цих дітей. Через недостатність довільної уваги і вибірного сприйняття діти початкових класів часто не можуть виділити основне в явищах, які вони спостерігають, а звертають більше уваги на неістотні деталі.

Із викладеного зрозуміло, що становлення функцій центральної нервової системи — процес тривалий, який охоплює весь шкільний вік. Особливості функціонування вищих відділів центральної нервової системи у дітей молодшого шкільного віку значною мірою визначають специфіку таких найважливіших психічних функцій, як сприйняття і увага. Формування фізіологічних механізмів, які лежать в основі реалізації цих функцій, пов'язане з визріванням різних відділів кори великого мозку, становленням її головної, регулюючої ролі в кірково-підкірковій взаємодії.

В період морфофункціонального дозрівання вищих відділів центральної нервової системи дуже велика пластичність мозку.

Інформація, яка надходить із зовнішнього світу, є тим вирішальним фактором, який приводить в дію пластичні механізми і сприяє прогресивному морфофункціональному розвитку мозку, реалізації тих колосальних потенціальних можливостей, які має мозок. В шкільному віці, коли завершується морфофункціональне визрівання кори і складаються характерні для дорослих кірково-підкіркові взаємовідносини, встановлюються характерні для даного індивіда типологічні особливості. Проте, хоч якості нервових процесів генетично визначені наперед, в процесі життєдіяльності під впливом зовнішніх дій вони можуть бути істотно змінені. В процесі діяльності можна підвищити швидкість перебігу нервових процесів, їхню рухливість і їхню силу. Спрямовані впливи на основні якості нервових процесів



в дитячому віці найбільш ефективні, вони можуть істотно впливати на формування типологічних особливостей, а отже, і на характер поведінки дитини.

І. П. Павлов писав: «Поведінка людини і тварини зумовлена не тільки природженими властивостями нервової системи, а й тими впливами, які діяли і постійно діють на організм під час його індивідуального існування, тобто залежать від постійного виховання або навчання в найширшому розумінні цих слів. І це тому, що поруч із зазначеними вище властивостями нервової системи безперервно виступає і найважливіша її властивість — найвища пластичність»<sup>1</sup>. Звідси цілком очевидна необхідність і важливість цілеспрямованих виховних впливів. Ці впливи, які проводяться з врахуванням наявних і потенціальних функціональних можливостей мозку дитини, з врахуванням знання тих функціональних механізмів, які визначають формування психічних функцій і поведінкових реакцій дітей різного віку, істотно сприятимуть всебічному розвитку особистості.

### **Типологічні особливості вищої нервової діяльності дитини**

Вивчення вищої нервової діяльності у дітей дало змогу М. І. Красногорському залежно від сили, врівноваженості і рухливості нервових процесів, взаємодії між корою і підкірковими утвореннями великого мозку, а також співвідношень між сигнальними системами виділити чотири типи нервової діяльності.

1. Сильний, врівноважений, оптимально збудливий, швидкий тип. Характеризується швидким утворенням умовних рефлексів, міцність цих рефлексів значна. Діти цього типу здатні до вироблення тонких диференціювань. Безумовно рефлекторна діяльність їх регулюється функціонально сильною корою. Діти цього типу мають добре розвинуту мову, з багатим словарним складом.

2. Сильний, врівноважений, повільний тип. У дітей цього типу умовні зв'язки утворюються повільніше, згаслі рефлекси відновлюються також повільно. Діти цього типу характеризуються вираженим контролем кори над безумовними рефлексами і емоціями. Вони швидко навчаються говорити, тільки мова у них трохи уповільнена. Активні і стійкі при виконанні складних завдань.

3. Сильний, нерівномірний, підвищено збудливий, нестримний тип. Характеризується недостатністю гальмівного процесу, сильно вираженою підкірковою діяльністю, яка не завжди контролюється корою. Умовні рефлекси у таких дітей дуже згасають, а диференціювання, які утворюються, нестійкі. Діти такого типу відрізняються високою емоціональною збудливістю,

<sup>1</sup> Павлов И. П. Полн. собр. соч. 2-е изд., т. 3, кн. 2. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1951, с. 269.

запальністю, афектамн. Мова у дітей цього типу швидка, з окремими викрикуваннями.

4. Слабкий тип із зниженою збудливістю. Умовні рефлекси утворюються повільно, нестійкі, мова часто уповільнена. Легкогальмівний тип. Характерна слабкість внутрішнього гальмування при дуже виражених зовнішніх гальмах, чим пояснюється трудність звикання дітей до нових умов навчання, їхніх змін. Діти цього типу не переносять сильних і тривалих подразнень, легко стомлюються.

Ми уже вказували на те, що однією із відмінних рис типів вищої нервової діяльності людини є їхня пластичність. Пластичність клітин кори великого мозку, їхня пристосованість до мінливих умов середовища є морфофункціональною основою перетворення типу. І. П. Павлов вважав пластичність типів найважливішою особливістю, яка дає змогу виховувати, тренувати і переробляти характер людей.

### **Характеристики основних етапів розвитку дитини**

**Період новонародженості.** Починається цей період з першим криком дитини і триває до 10 днів. Перший крик, який знаменує собою перший повноцінний вдих новонародженого, за даними деяких авторів, має також комунікативне значення: він не тільки привертає увагу матері, а й встановлює з нею контакт (Тонкова—Ямпольська).

В цей період відбувається адаптація новонародженого до нових умов середовища. Це один із найважливіших критичних періодів розвитку.

Із умов відносно сталої температури в організмі матері (37° С) новонароджений опиняється у середовищі із зниженою температурою, у зв'язку з чим у нього відмічається високий рівень теплопродукції: 176,4 Дж на 1 кг маси тіла (у дорослого 100,8 Дж/кг).

Шкіра новонародженого вкрита шаром сироподібного мастила — секретом сальних залоз. Після видалення мастила шкіра червоніє, а потім лущиться. Часто в перші дні життя дитини спостерігається жовтяничне забарвлення шкіри. Це явище зникає на 7...10-й день.

Протягом перших днів більшість дітей втрачає до 5...8% своєї початкової маси (до 150...300 г), потім маса тіла починає наростати і на кінець першого, частіше другого тижня досягає початкового рівня.

В сечі новонародженого виявляють недоокислені продукти обміну, велику кількість сечової кислоти. Солі сечової кислоти забарвлюють сечу в інтенсивно-жовтий колір; при відстоюванні такої сечі утворюється червонуватий осад.

Дитина народжується з порівняно невеликою кількістю природжених безумовних рефлексів. В реакцію — відповідь на по-

дразники включається практично весь організм, що пов'язане з широкою іррадіацією збудження в центральній нервовій системі. На ранніх стадіях розвитку дитини, коли морфологічний розвиток кори великого мозку ще не досяг достатньої зрілості, спостерігаються генералізовані реакції, які регулюються підкірковими структурами мозку.

У новонароджених дітей виражений сисний рефлекс у відповідь на подразнення рецепторів губ, шкіри, біляротової області, шік, слизової оболонки язика. Із захисних рефлексів добре розвинутий мигальний рефлекс, рефлексогенна зона якого в перші дні життя дитини велика і включає в себе рецепторні утворення рогівки, повік, вій, бокової поверхні носа. З віком рефлексогенні зони цих рефлексів звужуються.

У немовлят виражений хватальний рефлекс на дотик до долоні і ножний хватальний рефлекс на подразнення передньої частини підошви, рефлекс Бабинського (згинання пальців стопи при подразненні підошовної поверхні стопи або віялоподібне розходження всіх пальців стопи).

Впливаючи на шкіру новонародженого, можна викликати рефлекси на больові і температурні подразнення (рухові реакції загального і місцевого характеру), на зміну положення тіла, установчий лабіринтний рефлекс голови. Новонароджені діти розрізняють солодке, гірке, кисле і солоне, реагуючи на одне з них сисними рухами, а на інше зморщуванням обличчя, скривленням рота, випинанням губів і язика.

На звукові подразнення новонароджені реагують загальними реакціями типу здригання, загального рухового занепокоєння із зміною частоти дихання і серцевих скорочень. Це примітивний орієнтувальний рефлекс. Часто цей орієнтувальний рефлекс у дітей з перших годин життя виявляється у вигляді зупинки системних рухів у відповідь на звуковий подразник.

На зорове подразнення новонароджена дитина відповідає також генералізованою реакцією, східцеподібним стеженням очима за предметом, який світиться.

Особливо треба спинитися на орієнтувальних реакціях новонароджених. Орієнтувальний рефлекс, який зумовлюється з різних аналізаторів уже в перші дні життя дитини, в той період життя, коли ще відсутні пристосувальні реакції типу умовних рефлексів, є біологічно важливою формою пристосувальної діяльності організму, яка забезпечує елементарний аналіз подразнень.

Спочатку орієнтувальний рефлекс проявляється в загальному здриганні і тимчасовому пригніченні існуючої рухової активності дитини, дифузної рухової реакції і затримкою дихання. За даними ряду авторів, в кінці 1-го — на початку 2-го тижня після народження реакції на звук і світло мають виразно орієнтувально-дослідний характер.

Пізніше орієнтувальний рефлекс проявляється в різних формах дослідної діяльності.

Орієнтувальний рефлекс, як і інші безумовні рефлекси, у дітей раннього віку стимулює відповідь організму на зовнішні подразники і сприяє утворенню умовнорефлекторних зв'язків.

До 10...12-го дня життя під впливом умов навколишнього середовища, розвитку організму змінюється характер безумовних рефлексів новонародженого. Звужуються рефлексогенні зони ряду безумовних реакцій, пригнічується або перебудовується багато з них. В цій перебудові природжених рефлекторних реакцій основну роль відіграють умовнорефлекторні зв'язки, які формуються.

У дітей перших днів життя умовнорефлекторне значення мають тільки інтероцептивні імпульси, які пов'язані з процесами дихання, травлення. Уже в перші дні життя дитини можна помітити утворення натурального умовного рефлексу на час годування дитини, який виражається в пробудженні дітей і підвищеній руховій активності. Зрозуміло, що такий рефлекс проявляється тільки при суворому режимі годування дітей. При суворому режимі годування на 6...7-й день у немовлят настає умовнорефлекторне підвищення кількості лейкоцитів уже за 30 хв. до годування, у них підвищується газообмін перед споживанням їжі. На кінець другого тижня з'являється умовний рефлекс на положення дитини для годування у вигляді сисних рухів. Тут сигналом є комплекс подразників, що діють з рецепторів шкіри, рухового і вестибулярного апаратів, які постійно поєднуються з харчовими підкріпленнями. На цьому етапі життя дитини як умовні подразники діють лише інтероцептивні і пропріоцептивні подразнення.

Для утворення натуральних умовних харчових рухових рефлексів має значення початок годування новонародженого молоком матері. Якщо новонароджених починали годувати молоком матері через 20...30 хв після народження, то умовні харчові рефлекси на дотик шкіри і на зміну положення голови, тулуба, рук, ніг при годуванні утворювалися уже першої доби після 2—3 годувань і були чітко виражені на 2-й день життя. Якщо новонароджених прикладали до материнської груді через 12 год після народження, то перші умовні рефлекси на ті самі подразнення утворювалися на 6...8-й день життя. При годуванні груддю через 16...20 год після народження такі умовні рефлекси утворювалися лише на 10...12-й день (І. А. Аршавський).

Грудний вік (від 10 днів до 1 року). В цьому віці інтенсивно відбуваються процеси обміну речовин, що приводить до збільшення росту і маси дитини. Йде активне становлення функцій травного апарату, але цей процес ще далекий від завершення, що є однією з причин частих шлунково-кишкових розладів у дітей грудного віку.

У зв'язку з імунітетом, набутим від материнського організму, до 3-місячного віку діти, як правило, на інфекційні хвороби не хворіють.

В цьому періоді (до 2,5...3 місяців) дитина набуває здатності утримувати голівку в вертикальному положенні. Реєструються перші ознаки порідшання природного ритму дихання.

В період від 2,5...3 до 5...6 місяців дитина починає сидіти, харчування материнським молоком вже поєднують з підгодуванням. В 6...7 місяців починається прорізування перших молочних зубів.

З 5...6 і до 11...12 місяців відбувається реалізація пози стояння і поступовий перехід на харчування змішаною їжею.

Протягом перших 3...4 тижнів життя більшу частину часу дитина спить, утворення умовних рефлексів обмежене коротким часом неспання і потребує великої кількості поєднань з безумовним рефлексом. Умовні рефлекси, вироблені протягом 1-го місяця життя, нестійкі. Умовні рефлекси на харчові подразники виробляються раніше і виявляються міцнішими, ніж на захисні і на подразнення екстерорецепторів.

Дитина реагує «комплексом пожвавлення» на вигляд матері, кричить і відвертається, якщо бачить ложку з ліками.

В міру морфологічного визрівання аналізаторних систем утворюються все нові умовні рефлекси. В грудному віці всі аналізаторні системи дитини досягають уже значної досконалості і включаються в утворення умовнорефлекторних зв'язків.

Відмітною особливістю вищої нервової діяльності дітей першого півріччя життя є їхня здатність утворювати умовні рефлекси на одночасні комплекси подразнень (прикладом цього є рефлекс на положення тіла при годуванні). Реакції-відповіді у цей період є поодинокими рефлекторними актами (наприклад, моргання). Ланцюги із кількох рефлекторних актів поки що не формуються.

У зв'язку з низькими функціональними можливостями нервових клітин діти цього віку легко поринають у позамежне гальмування і сон. Безумовне гальмування виявляється уже в перші дні життя дитини (дитина не бере грудей, якщо в неї є болісний осередок). Умовне гальмування в грудних дітей уже починає вироблятися, але через слабкість збуджувального процесу, вираженості орієнтувального рефлексу перебіг цього процесу важкий, з великими індивідуальними відмінностями.

Чітке диференціювання штучних зорових і слухових умовних подразників спостерігається в 3...4 місяці. Ще пізніше (близько 5 місяців) виробляється запізнювальне гальмування.

У другій половині першого року життя неспання дитини зростає до 10 год на добу. Це приводить до вироблення значної кількості нових умовних рефлексів (як позитивних, так і негативних), розвивається запізнювальне гальмування. Важливу роль у цьому віці відіграє зовнішнє гальмування, яке затримує,

гальмує небажані реакції у дитини дією інших подразників, що зумовлюють орієнтувальну реакцію.

Протягом усього першого року життя для правильного розвитку дитини життєво важливу роль відіграє суворий режим сну, неспання, харчування і прогулянок, тобто вироблення стереотипів умовних рефлексів, зміна яких і порушення ведуть до болісних реакцій дітей.

Уже порівняно рано (з 1, 5 місяця) дитина реагує на слова, вимовлені оточуючими. При цьому реакція виникає на людину, її міміку, а не тільки на звуки слова. Якщо до дитини цього віку звертатися із словами так, щоб вона не бачила артикуляційної міміки дорослого, то вона не реагує на них.

Розуміння слів розвивається в такому порядку: спочатку сприймаються назви речей, що оточують дитину, назви іграшок, імен дорослих, пізніше — зображень предметів, потім — назв частин тіла і обличчя.

Розвиток моторної мови починається з 1,5-місячного віку. Діти поступово вимовляють все складніші звукосполучення, які називаються передмовними голосовими реакціями. В них можна розрізнити багато звуків, які пізніше стануть елементами членороздільної мови.

У дітей, які розвиваються нормально, спостерігається послідовність у розвитку передмовних реакцій:

Вік дітей	Голосові реакції
1,5 місяця	Агукання: а-аа, г-уу, бу-у, еі і т. п.
2...3 місяці	Більш різноманітне агукання
4 місяці	Сопілка: аль-ле-е, аги-пи і т. п.
7...8,5 місяця	Лепет: вимовляє склади (ба-ба, да-да)
8,5...9 місяців	Модульований лепет — повторення слів з різноманітними інтонаціями

Агукання — поступове вправлення голосового і дихального апаратів, яке є підготовкою до вимовлення звуків мови.

Подразнення рецепторів голосового апарату під час агукання, лепету багаторазово поєднується із збудженням слухової зони.

Ранні мовні реакції дитини сприяють становленню зв'язку з дорослими, підтриманню емоційного контакту.

Для своєчасного і активного розвитку передмовних реакцій важливо достатнє спілкування з оточуючими людьми; в умовах, де дитина позбавлена такого спілкування, її голосові реакції згасають і розвиток мовної функції затримується.

За сприятливих умов до однорічного віку дитина вимовляє 6...10 простих слів (ма-ма, ба-ба, ам-ам, тік-так тощо).

Для правильного розвитку мови надзвичайно важлива участь рухового аналізатора. Обмеження загальної рухливості дитини негативно позначається на розвитку мовної функції і всього психічного розвитку дитини.

У формуванні мови необхідна участь слуху. Порушення слуху до того моменту, як дитина навчилася говорити, веде до глухонімоти.

На кінець 1-го року життя для дитини значущими стають комплекси екстероцептивних подразнень, і серед них слово. Треба зауважити, що для дітей 1-го року життя характерне загалом реагування не на окремі предмети, а на комплекси подразників, тобто на ситуацію в цілому. Проте в цей період реакція дітей на слово не має самостійного значення, визначається комплексом подразнень, і тільки пізніше слово набуває значення самостійного сигналу (Кольцова). Протягом всього першого року життя відбувається активне тренування дитини у вимовленні спочатку окремих звуків, потім складів і нарешті слів.

Мова дитини починається з того моменту, коли окремі мовні звуки або комбінації їх, які вона вимовляє, стають такими ж сигналами безпосередніх подразників, як і слова, що їх вимовляють оточуючі. Це відбувається в кінці першого — на початку другого року життя дитини. З цього часу слово стає сигналом сигналів.

**Раннє дитинство (переддошкільний вік).** Для цього періоду характерне морфологічне і функціональне удосконалювання нервової системи. Розвиток м'язової системи і координаційна функція нервової системи зумовлюють зміцнення таких навичок, як сидіння, стояння, ходьба.

До трьох років частота дихання у стані спокою знижується до 26...24 на одну хвилину (порівняно з 50...45 в період новонародженості), частота серцевих скорочень знижується до 100...90 на одну хвилину (у новонародженого вона досягає 150...140).

До 2...2,5 року прорізуються всі 20 молочних зубів. Зростає кислотність і ферментативна активність шлункового соку. Перехід від переважно молочної їжі до змішаної сприяє інтенсивному росту кишок.

Тривають процеси росту. Щорічне збільшення зросту на 2—3-му році становить 8...10 см, маса у 2...3 роки зростає на 4...6 кг. Змінюються пропорції тіла. Відносно зменшуються розміри голови з  $\frac{1}{4}$  довжина тіла у новонародженого до  $\frac{1}{5}$  у дитини 2...3 років.

Ходьба дає дитині можливість активніше знайомитися з оточуючими її предметами, а розвиток мови веде до складніших контактів з людьми, «дитина перестає бути, так би мовити, прикріпленою до місця і вступає в епоху вільнішого і самостійного спілкування із зовнішнім світом»<sup>1</sup>.

Поведінка дитини 2—3-го року життя характеризується яскраво вираженою дослідницькою діяльністю. Дитина тягнеться до кожного предмета, обмацує, заглядає всередину, пробує підняти,

<sup>1</sup> Сеченов И. М. Избр. философ. и психол. произв. М., Госполитиздат, 1947, с. 265.

бере в рот. В цьому віці легко виникають травми через допитливість, відсутність досвіду, зростає частота гострих інфекцій у зв'язку з розширенням контактів дитини з іншими дітьми і навколишнім середовищем.

Істотно змінюється умовнорефлекторна діяльність дітей цього віку. На другому році життя із узагальненого недиференційованого світу, що оточує дитину, починають вичленятися окремі предмети як відокремлені комплекси подразнень. Це стає можливим завдяки маніпулюванню з предметами (Леонтьєв, Запорожець, Гальперін). Тому не треба обмежувати рухів дітей, хай самі одягаються, умиваються, їдять.

Завдяки діям із предметами у дітей починає формуватися функція узагальнення. Широке користування предметами розвиває у дитини руховий аналізатор.

На другому році життя у дитини формується велика кількість умовних рефлексів на відношення величини, маси, віддаленості предметів (вичленення швидких і повільніших подразників, більших або менших порівняно з іншими).

Особливе значення має вироблення систем умовних зв'язків на стереотипи екстероцептивних подразнень. При недостатній силі і рухливості нервових процесів стереотипи полегшують пристосування дітей до навколишнього середовища.

Звертає на себе увагу велика міцність систем умовних зв'язків, вироблених у дітей до 3 років, і пов'язана з цим хворобливість у зв'язку з порушенням стереотипу: діти коверзують, плачуть, якщо довго з ними затримуються в гостях; довго не засинають, якщо їх покляли на новому місці. Для дітей у віці до 3 років вироблення великої кількості різних стереотипів не тільки не становить труднощів, а й кожний наступний стереотип виробляється все легше. Проте зміна порядку проходження подразників в одному стереотипі — надзвичайно важке завдання. Системи умовних зв'язків, вироблені в цей час, зберігають своє значення протягом всього наступного життя людини.

На 2-му році починається посилений розвиток мови, засвоєння дитиною граматичної будови мови. Оволодіння діями з предметами справляє рішучий вплив і на формування узагальнення предметів словом, тобто формування другої сигнальної системи.

До двох років словник дитини становить близько 30 слів, причому іменники становлять до 63%, дієслова — 23%, інші частини мови — 14%, сполучників нема.

Мову дитина використовує головним чином для налагоджування співробітництва із дорослими всередині спільної предметної діяльності (Ельконін).

**Дошкільний вік (перше дитинство).** Це вік від 3 до 7 років. Щорічне збільшення зросту в цей період становить в середньому 5—8 см, маси — близько 2 кг, окружності грудної клітки — 1...2 см. Помітно змінюються пропорції тіла. В 6...7 років висота



голови становить  $\frac{1}{6}$  довжини тіла. У віці семи років хребет ще гнучкий, процеси скостеніння в ньому не завершені.

З 6...7 років починається швидкий розвиток м'язів кистей рук. Особливо інтенсивно розвиваються м'язи, які забезпечують прямиостояння і ходьбу. До семи років поперечний розмір волокон в цих м'язах стає більший, ніж в усіх інших. Середня сила м'язів обох рук до шести років у хлопчиків 10,3 кг, правої руки — 4 кг, а лівої — 2 кг. Відмічається велика рухова активність. Рухи мають узагальнений характер. Починають вироблятися найпростіші побутові рухові навички і трудові рухи. Тонус згиначів переважає над тонусом розгиначів. Це приводить до того, що при тривалому сидінні дитині важко тримати спину випрямленою.

До 3...5 років маса головного мозку порівняно з масою мозку новонародженого (380...400 г) збільшується втричі і до семи років досягає 1250...1300 г. До 2,5 року пірамідні клітини набувають характерну для дорослого форму. Тривалість активної уваги і розумової працездатності невелика, у дітей 5...7 років вона в середньому не перевищує 15 хвилин.

На кінець дошкільного періоду абсолютні розміри серця і його маса збільшуються, а відносно маси тіла зменшуються. Триває ріст кровоносних судин. Відносне звуження просвіту кровоносних судин спричиняє деяке підвищення артеріального тиску з віком. Розвиток симпатичної іннервації серця випереджує розвиток парасимпатичної іннервації. Тому у дошкільників частота пульсу більша, ніж у дорослих, і особливо збільшується при м'язовій діяльності і емоціях.

До семи років в основному закінчується формування легеневої тканини, зростає глибина дихання і знижується його частота. В 6...7 років частота дихальних рухів становить 20...22 на хвилину. Життєва ємкість легень з віком збільшується, в 4 роки вона становить близько 1100 см<sup>3</sup>, а до семи років досягає 1300...1400 см<sup>3</sup>.

З 6...7 років починається заміна молочних зубів постійними. Травний канал на цей період досягає значного розвитку.

У дошкільному віці ще в багатьох дітей зберігається далекозора рефракція. Наростає гострота слуху.

В розвитку дітей дошкільного віку дуже важлива роль належить ігровій діяльності і мові. Мова дитини-дошкільника стає все складнішою, з багатим запасом слів.

Діти починають правильно вживати відмінки, дієслівні форми, засвоюючи їх у мовних стереотипах, які вони сприймають від оточуючих людей.

Вік від 3 до 5 років в розвитку вищої нервової діяльності дитини істотно відрізняється від попереднього періоду. Насамперед змінюється характер орієнтувальних реакцій — тепер вони визначаються питанням: що це таке?

У виробленні нових реакцій дитини тепер все більшого значення набуває використання раніше утворених зв'язків. Зростає

сила нервових процесів — це видно по зниженню тенденції до генералізації збудження і по розвитку чітких індукційних відношень між процесами збудження і гальмування.

Зовнішнє гальмування перестає відігравати таку велику роль, як це було раніше. Все більшого значення набуває внутрішнє гальмування, хоч міцність одержаного гальмівного ефекту все ще невелика. Особливо важко виробляються запізнювальне гальмування і слідові рефлекси.

Діти цього віку виробляють велику кількість динамічних стереотипів. Можливості перероблення стереотипів до п'яти років зростають. Зростає сила і рухливість нервових процесів допускають уже переробку стереотипів без особливих труднощів. Міцність системи умовних зв'язків у стереотипах у віці п'яти років вдвоє менша, ніж у 3 роки.

На 5-му році життя з'являються перші спроби осмислити слова, досить високого рівня розвитку досягає здатність дитини узагальнювати словом багато явищ зовнішнього світу.

Від 5 до 7 років у зв'язку з інтенсивним морфофункціональним дозріванням кори великого мозку істотно зростають сила і рухливість нервових процесів. Діти тепер здатні зосереджувати увагу протягом 15...20 хв і більше. Вироблені умовні реакції менше піддаються зовнішньому гальмуванню. Згасання і диференціювання виробляються майже вдвоє швидше, довшими стають періоди утримання гальмівного стану. Проте вироблення всіх видів умовного гальмування є ще великою трудностю для нервової системи. До семи років дитина в змозі утримувати програми дій із ряду рухів.

У дітей описуваного віку значно зростає роль наслідувального та ігрового рефлексу. Граючи в ляльки, діти точно копіюють жести, слова, манери вихователів, батьків, старших дітей.

**Молодший шкільний вік (друге дитинство).** Це вік від 7 до 12 років. Розвиток у молодшому шкільному віці відбувається відносно рівномірно. Довжина тіла збільшується в середньому на 4...5 см на рік, маса — на 2...3 кг, окружність грудної клітки — на 1,5...2 см. Збільшується м'язова сила рук, зростає сила м'язів нижніх кінцівок.

Характерним для цього віку є розвиток великих м'язів тулуба, діти здатні до рухів з великим розмахом. Їм важко виконувати дрібні й точні рухи (акт письма). В 9...10 років відбувається скостеніння кісток зап'ястя, розвиваються м'язи кістей рук, починають посилено формуватися дрібні точні рухи рук.

Триває скостеніння і ріст скелета. Проте слабкість глибоких м'язів спини і велика гнучкість хребетного стовпа є однією з причин порушень постави у дітей при неправильній позі під час письма, через невідповідність розмірів шкільних меблів пропорцій тіла.

Семирічний вік відомий як період зміни молочних зубів на постійні, відбувається дальший розвиток травної системи.

Знижуються енергетичні витрати організму, рідшає діяльність серця і дихальної системи.

До семирічного віку завершується в основному диференціювання нервової тканини в корі великого мозку. Нервові клітини набувають характерної форми і стають схожими на клітини дорослої людини. Посилено розвиваються асоціативні волокна, які зв'язують різні відділи кори великого мозку.

Нервові процеси мають уже значну силу і врівноваженість. Досить добре виражені всі види внутрішнього гальмування. Диференціювання подразників відбувається легко, швидко зміцнюються умовнорефлекторні зв'язки. Проте внутрішнє гальмування, як і раніше, потребує вправлення, тренування з метою підсилення.

У зв'язку з відміченою раніше деякою незрілістю регулюючих впливів кори на підкіркові структури мозку в цьому віці відмічається недосконалість механізмів, які визначають активну увагу і зосередженість. Навчання читання і письма сприяє посиленню користування словом як інтегруючим подразником.

До семи років встановлюються у дітей справжня ходьба і біг з добре вираженим симптомом «політності». Рухові умовні реакції часто супроводжуються супутніми рухами рук, ніг і тулуба, але їх значно менше, ніж в 4...6 років.

Як і в дошкільному періоді, в молодшому шкільному віці процеси збудження переважають над процесами гальмування, що приводить до порівняно швидкої виснаженості нервових клітин, швидкого розвитку стомлення.

До 10...11 років розвиток кори великого мозку досягає, по суті, рівня розвитку дорослої людини. Кора набуває головної ролі в кірково-підкірковій взаємодії, що можна розглядати як дуже важливий фактор формування вищих нервових і психічних функцій у дитини.

**Підлітковий вік (12...15 років дівчатка, 13...16 років хлопчики).** Межі підліткового віку досить умовні і в житті спостерігаються значні індивідуальні варіації як темпів розвитку, так і строків настання тих або інших характерних особливостей цього періоду. Фактично це може бути на 1...2 роки раніше. Підлітковий період своєю своєрідністю і темпом різко відрізняється від решти етапів життя людини. З фізіологічної точки зору підлітковий період характеризується інтенсивним ростом, підвищенням обміну речовин, різким підвищенням діяльності залоз внутрішньої секреції.

Підлітковий період — період статевого дозрівання. Активізується діяльність гіпофіза, особливо його передньої частки, гормони якого стимулюють ріст тканин і функціонування інших залоз внутрішньої секреції (статевих, щитовидної, надниркових залоз). Їхня діяльність зумовлює «стрибок у зрості», розвиток статевих органів і появу вторинних статевих ознак. У хлопчиків «ламається» голос, пробиваються вуса і борода, з'являється во-

лосся на лобку і в пахвовій западині, починаються полюції. У дівчаток розвиваються грудні залози, починає здійснюватися менструальна функція.

У зв'язку із посиленням функції гіпофіза і надниркових залоз поліпшуються адаптаційні можливості організму до умов середовища, підвищується опірність щодо інфекцій, охолодження тощо.

У підлітковий період зріст дітей збільшується на 5...8 см на рік. Дівчатка ростуть найактивніше в 11...12 років (їхній зріст у цей час збільшується до 10 см на рік), ріст хлопчиків найінтенсивніший в 13...14 років, і після 15 років у рості вони обганяють дівчаток. Зріст збільшується в основному за рахунок росту трубчастих кісток кінцівок, кістки грудної клітки ростуть повільніше, ось чому у підлітків часто можна бачити плоскі, а часом і запалі груди, що утруднює дихання.

Разом з ростом збільшується і маса тіла. Дівчатка прибавляють у масі 4...8 кг за рік, особливо помітний приріст у 14..15 років; у хлопчиків приріст маси становить 7...8 кг на рік. Проте темпи збільшення маси дещо відстають від темпів росту скелета, що позначається на зовнішньому вигляді підлітка (фігура витягнута, незграбна, кістлява).

Перебудова опорно-рухового апарата супроводжується великою кількістю зайвих рухів, недостатньою координованістю їх, загальною незграбністю, вайлуватістю, разом з тим підлітковий вік — це оптимальний вік для оволодіння технікою складних рухових актів.

В підлітковому періоді ростуть легені, удосконалюється дихання (хоч ритм його залишається прискореним), значно збільшується життєва ємкість легень. В підлітковому віці остаточно формується тип дихання. У хлопчиків — черевний, у дівчаток — грудний. Важливо навчити підлітків правильно дихати, керувати своїм диханням під час роботи, фізичних вправ.

Посилений ріст органів і тканин пред'являє посилені вимоги до діяльності серця. Воно теж у цей період інтенсивно росте, але ріст кровоносних судин відстає від темпів росту серця. Тому у підлітків часто підвищується артеріальний тиск, порушується ритм серцевої діяльності, швидко настає втома. Це посилюється при перебуванні підлітків у задушливих приміщеннях, при великому фізичному навантаженні. Недостатнє кровопостачання мозку, яке спостерігається інколи у підлітків, може привести до кисневого голодування і, як наслідок, погіршення уваги, сприймання, пам'яті. Неприятливо позначаються на функціонуванні серцево-судинної системи підлітків негативні емоції — гнів, переляк тощо.

Підлітковий вік потребує уважного і диференційованого підходу при дозуванні фізичного навантаження.

Зміни у внутрішньому середовищі організму, посилене функціонування залоз внутрішньої секреції змінюють і функціональний стан нервової системи підлітка. Посилена функція щитовид-

ної залози підвищує рівень обміну речовин і витрату енергії в організмі, змінює збудливість центральної нервової системи, що виражається в підвищеній дратливості, легкій втомлюваності, розладах сну. Складні взаємовідносини залоз внутрішньої секреції і підзгір'я в підлітковому віці створюють умови для підвищеної активності підкіркових структур і деякого порушення кірково-підкіркової взаємодії.

У поведінці підлітків відмічається очевидна перевага збудження, реакції за силою і характером часто неадекватні подразникам, які їх зумовили. З'являється широка генералізація збудження: всі реакції тепер супроводжуються додатковими супутніми рухами рук, ніг і тулуба (особливо у хлопчиків).

Мова підлітків уповільнюється, процес утворення умовних зв'язків на словесні сигнали утруднюється, що змушує припускати послаблення вищого функціонального рівня кіркової діяльності — другої сигнальної системи. У дівчаток в 11...13 років різко знижується тонус кори великого мозку, і виражене це зниження дужче, ніж у хлопчиків. Різкі порушення вегетативних функцій, серцебиття, судинні розлади, задишка є показником посилення підкіркових впливів і послаблення тонусу кори великого мозку.

У період статевого дозрівання спостерігається ослаблення всіх видів внутрішнього гальмування. Ось чому одним із важливих завдань вихователя підлітків є розвиток кіркового гальмування, «виховання гальм».

Правильний, здоровий режим, спокійна обстановка, доброзичливість і розуміння з боку оточуючих людей, заняття, цікаві для підлітка, заняття фізичною культурою як один із наймогутніших засобів нормалізації функцій організму є основними умовами для того, щоб перехідний період минув без серйозних функціональних розладів і пов'язаних з ними ускладнень.

**Ранній юнацький вік (15...17 років).** В юнацькому віці відбувається посилений ріст м'язів, різко зростає їхня сила. Маса головного і спинного мозку досягає рівня, який відмічається в дорослої людини. Серцево-судинна система витривала до значних навантажень. Збільшується життєва ємкість легень. У зв'язку з тренуванням легенева вентиляція при фізичному навантаженні підвищується внаслідок прискорення дихання і його поглиблення.

Для цього віку характерні високий ступінь функціональної досконалості нервової системи, велика рухливість нервових процесів.

## Фізіологія аналізаторів

### Загальні закономірності функцій аналізаторів

**Вчення І. П. Павлова про аналізатори.** Зовнішній світ, що оточує людину, пізнається через органи чуттів. Органи чуттів сприймають не тільки подразнення із середовища, яке оточує людину, а й подразнення, які надходять із внутрішнього середовища організму.

В результаті подразнення органів чуттів у півкулях великого мозку виникають відчуття, сприйняття, уявлення. Тільки через відчуття людина орієнтується в навколишньому середовищі.

Складні нервові апарати, які сприймають і аналізують подразнення, що надходять із зовнішнього і внутрішнього середовища організму, І. П. Павлов назвав аналізаторами.

Аналізатор, за І. П. Павловим, складається в трьох тісно пов'язаних між собою відділів: периферичного, провідникового і центрального.

Рецептори є периферичною ланкою аналізатора. Вони представлені нервовими закінченнями або спеціалізованими нервовими клітинами, які реагують на певні зміни в навколишньому середовищі. Рецептори відрізняються будовою, місцезнаходженням і функціями. Деякі рецептори мають вигляд відносно просто побудованих нервових закінчень (див. рис. 17) або є окремими елементами складно побудованих органів чуттів, як, наприклад, сітківка.

Доцентрові нейрони, що є шляхом, який веде від рецептора до кори великого мозку, становлять провідниковий відділ аналізатора. Ділянки кори великого мозку, які сприймають інформацію від відповідних рецепторних утворень, становлять центральну частину, або кірковий відділ аналізатора.

Всі частини аналізатора діють як єдине ціле. Порушення діяльності однієї із частин веде до порушення функцій всього аналізатора.

Розрізняють зоровий, слуховий, нюховий, смаковий і шкірний аналізатори; руховий аналізатор, рецептори якого містяться в м'язах, сухожиллях, суглобах, і вестибулярний аналізатор, його рецептори подразнюються при зміні положення тіла.

**Значення аналізаторів.** Організм пов'язаний із зовнішнім світом за допомогою органів чуттів. Ураження хворобою або часткове виключення органів чуття в людини спричиняє різке зниження її активності. Діючи на наші органи чуттів, предмети і явища оточуючого світу зумовлюють відчуття. «Інакше, як через відчуття, ми ні про які форми речовини і ні про які форми руху нічого дізнатися не можемо»,— писав В. І. Ленін<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Ленін В. І. Повне збір. тв., т. 18, с. 295.

За допомогою аналізаторів людина пізнає навколишній світ. Особливо велика роль аналізаторів у трудовій діяльності. В разі ураження більшості аналізаторів трудова діяльність практично неможлива, людина впадає в безперервний сон. І. М. Сеченов описав хвору, що перебувала під наглядом Боткіна, в якій були уражені всі органи чуттів, крім дотику і м'язового чуття у правій руці. Ця хвора безперервно спала, коли ніщо не подразнювало її праву руку.

Якщо обмежити надходження в центральну нервову систему подразнень від різних органів чуттів або повністю виключити їх, то спостерігається затримання в розвитку мозку, інтелекту.

Аналіз подразнень, які сприймаються, починається уже в рецепторній частині аналізатора. Тут відбувається найпростіший аналіз, і подразнення трансформується в процесі збудження. Досконаліший аналіз відбувається в підкіркових утвореннях, результатом чого є виконання складних природжених актів (вставання, насторожування, повертання голови до джерела світла, звуку, підтримання положення тіла та ін). Вищий, найтонший аналіз здійснюється в корі великого мозку, в кірковому відділі аналізатора.

Великий мозок є вищим органом аналізу і синтезу для подразників не тільки зовнішніх, а й внутрішніх. Проте більшість імпульсів від рецепторів внутрішніх органів, досягаючи кори великого мозку, не спричинює психічних явищ. Такі імпульси називають субсенсорними: вони нижче порога відчуттів і тому не зумовлюють відчуттів. В результаті надходження імпульсів від рецепторів внутрішніх органів відбувається саморегуляція дихання, артеріального тиску, діяльності серця тощо.

Здорова людина звичайно не відчуває своїх внутрішніх органів. Їхні сигнали в кору великого мозку змінюють її функціональний стан, але усвідомлюваних відчуттів не викликають (І. М. Сеченов це назвав «темним» почуттям). Лише при захворюваннях внутрішніх органів або при істотних змінах їхнього стану (голод, спрага тощо) виникають усвідомлені відчуття.

**Властивості рецепторів.** За місцем розташування рецептори поділяють на екстеро-, пропріо- і інтерорецептори. Екстерорецептори сприймають подразнення від зовнішнього середовища. До них належать сприймаючі клітини сітківки, вуха, рецептори шкіри, органів нюху, смаку. Інтерорецептори розташовані в тканинах різних внутрішніх органів (серця, печінки, нирок, кровеносних судин та ін.) і сприймають зміни внутрішнього середовища організму і стан внутрішніх органів. Пропріорецептори містяться в м'язах, суглобах і сухожиллях і сприймають скорочення і розтягання мускулатури, тобто сигналізують про положення і рухи тіла. Сигнали, які надходять від м'язів, дуже важливі в координації рухів. Припинення надходження цих сигналів у центральну нервову систему різко порушує рухи, ходу людини. За рахунок м'язового відчуття ми безпомилково можемо сказати,

в якому положенні перебуває наше тіло, його частини, навіть якщо ми заплющимо очі.

Рецептори відрізняються дуже високою збудливістю щодо адекватних подразнень. Про збудливість рецепторів судять за величиною порога подразнення. Поріг подразнення — це найменша сила подразника, при якій виникає збудження.

Для того щоб виникло відчуття світла, досить подіяти на око 6...8 світловими квантами. Щоб зрозуміти, наскільки це мала величина, зішлемося на такий приклад. Якщо 1 см<sup>3</sup> води кожну секунду поглинатиме таку кількість енергії, яка здатна спричинити світлове відчуття, то для нагрівання цього об'єму води на 1° С потрібен час, що дорівнює десяткам мільйонів років.

Або інший приклад. Темної ночі при абсолютній прозорості повітря світло звичайної свічки око може бачити з відстані 25... 27 км.

Людина може відчувати запах навіть тоді, коли ніякими фізичними або хімічними способами неможливо встановити у повітрі присутність пахучих речовин. Кожний рецептор пристосований до свого якісно визначеного виду подразнення. Для таких специфічних подразників пороги подразнення надзвичайно низькі.

Око сприймає тільки світлові хвилі, але не сприймає звуку або запаху. Смакові рецептори подразнюються певними хімічними речовинами і не реагують на звук або світло. Ця особливість рецепторів є результат тривалого процесу еволюції.

Специфічні для даного рецептора подразники, до яких він спеціально пристосований в процесі філо- і онтогенезу, називають адекватними.

При дії адекватних подразників виникають відчуття, характерні для певного органа чуттів.

Крім адекватних, існують також неспецифічні, неадекватні подразники, які зумовлюють тільки примітивні відчуття, властиві даному аналізаторові. Наприклад, при механічному подразненні ока (удар) виникає яскравий спалах світла («іскри посипалися з очей»), але ні образ предмета, ні кольори при цьому не сприймаються. При ударі у вухо виникає дзвін у вухах. Щодо неадекватних подразників різко знижується чутливість рецепторів. Неадекватні подразники не дають того багатства відчуттів, які властиві адекватним діям. Зрозуміло, що неадекватні подразнення не дають змоги сприймати якісний характер подразника, який діє на органи чуттів.

Рецептори здатні пристосовуватися, «звикати» до сили подразника. Цю властивість називають адаптацією. При адаптації знижується або підвищується чутливість рецепторів. Побризкавши одяг духами, ми добре відчуваємо їхній запах. Але минає деякий час, і ми перестаємо відчувати запах духів, хоч сторонні люди цей запах відчують. Одягнувши вперше новий одяг, ми його відчуваємо. Але незабаром це минає. Внаслідок адаптації тактильних рецепторів шкіри ми швидко перестаємо відчувати



одягнені годинник, окуляри, капелюх тощо. Кому із нас не доводилося виходити із освітленої кімнати в темну ніч, коли, як кажуть, «хоч око виколи». Але минає кілька хвилин, і ми уже бачимо дорогу, предмети, які нас оточують. Вийшовши з темного приміщення, людина «еліпне» від яскравого світла. Через деякий час око адаптується до дії світла і зір відновлюється.

Швидкість адаптації різна для різних рецепторів. Вона найбільша для рецепторів, які сприймають дотик до шкіри, і найменша для рецепторів м'язів. Мала швидкість адаптації м'язових рецепторів дає нам змогу здійснювати чіткі і координовані рухи, що особливо важливо для гімнастів і акробатів. Найповільніше адаптуються рецептори кровоносних судин і легенів, що забезпечує постійну рефлекторну саморегуляцію артеріального тиску і дихання.

Адаптація відрізняється від втоми тим, що вона швидко виникає після початку подразнення і зразу ж минає після його закінчення.

Фізіологічний механізм адаптації дуже складний. Зумовлена адаптація насамперед змінами в кіркових відділах аналізаторів, а також процесами, які здійснюються у самих рецепторах. Якщо в умовах досліду рееструвати імпульси з нервів, які проводять збудження від рецепторів, можна виявити постійне зниження густоти імпульсів до повного зникнення їх, незважаючи на безпервну дію подразника. Це означає, що в мозок припиняється подача сигналів з рецепторів. Можливо, внаслідок цього і відбувається адаптація.

**Взаємодія аналізаторів.** В 1904 р. академік П. П. Лазарев на засіданні Наукового товариства вперше демонстрував явище посилення звукового сприйняття під дією світла. Перед аудиторією в залі вміщувався екран, який періодично освітлювався і затемнювався. Під час освітлення камертон, який звучав досить сильно, було чути голосніше, ніж під час затемнення екрана. В дослідках С. В. Кравкова функція зорового апарата істотно змінювалася внаслідок дій звукового подразнення. Здатність розрізняти темні об'єкти на світлому фоні ставала кращою, а світлі на темному — знижувалася.

Музиканти відмічали факт посилення гучності звуків при освітленні, тому для кращого сприйняття музики в концертних залах звичайно не гасять світло.

Все це — приклади взаємодії аналізаторів. Завдяки спільній діяльності аналізаторів розширюється сприйняття зовнішнього світу, поглиблюється його пізнання. Величину і форму предметів зовнішнього світу, їхнє положення в просторі і взаємне розташування ми пізнаємо за допомогою зору і м'язового почуття.

Взаємодія аналізаторів проявляється і в співвідчуттях. Вам, мабуть, відоме відчуття холоду, «мурашок, що бігають по шкірі», від скреготу ножем по склу. Тут на людину діє звуковий подраз-

ник — скрегіт; вона його чує, але одночасно виникає відчуття холоду — це співвідчуття.

У деяких музикантів музичні звуки викликають різні забарвлені, колірні відчуття. Це дає їм можливість позначити різним кольором характер тих чи інших звуків. Видатні російські композитори Скрябін, Римський-Корсаков могли позначати кольором певні звуки, причому одні і ті ж звуки у різних людей забарвлюються у свій колір. Тон «ля» здається одному темно-жовтим, іншому — світло-зеленим; тон «соль» одну здається лимонно-жовтим, іншому — білим тощо.

Зустрічаються люди, в яких при дії світлових подразників виникають слухові відчуття.

Взаємодія аналізаторів зумовлена переходом збудження з доцентрових шляхів одного аналізатора на інший. Так, в області чотиригорбикового тіла можлива іррадіація збудження із зорових шляхів на слухові і навпаки.

Взаємозв'язок аналізаторів дуже важливий у тих випадках, коли людина через різні причини втрачає той чи інший вид чутливості (сліпота, глухота і т. п.). У сліпих відсутність зору компенсується загостренням дотику і слуху. Крапкова азбука завдяки відчутній опуклості крапок дає можливість сліпим оволодівати писемною мовою. Сприйняття й уявлення в людей, які втратили слух і зір, можливі на основі розвинутого відчуття дотику, смаку і нюху. Користуючись нюхом, сліпоглухонімі здатні підрахувати кількість людей, які знаходяться в кімнаті.

### **Зоровий аналізатор**

**Значення зорової рецепції.** Органом зорової рецепції є око. В оці міститься власне рецепторний апарат, пристосований до сприйняття світла, — це сітківка і оптична система, яка заломлює світлові промені і забезпечує чітке зображення предметів на сітківці. Визначення форми предметів, величини їх, відстані предметів від ока, їхнього руху або нерухомості, кольору предметів — все це пов'язане з діяльністю зорового аналізатора. Ембріональний розвиток зорового аналізатора починається порівняно рано (на третьому тижні), і до моменту народження дитини зоровий аналізатор морфологічно в основному сформований. Проте вдосконалення його структури відбувається і після народження і завершується в шкільні роки.

**Будова ока.** Око міститься в заглибині черепа — очній ямці. Ззаду і з боків воно захищене від зовнішніх впливів кістковими стінками очної ямки, а спереду — повіками. Внутрішня поверхня повік і передня частина очного яблука, за винятком рогівки, вкрита слизовою оболонкою — кон'юнктивою. Коло зовнішнього краю очної ямки розташована слізна залоза, яка виділяє рідину, що охороняє око від висихання. Рівномірному розподілу слізної рідини по поверхні ока сприяє мигання повік,

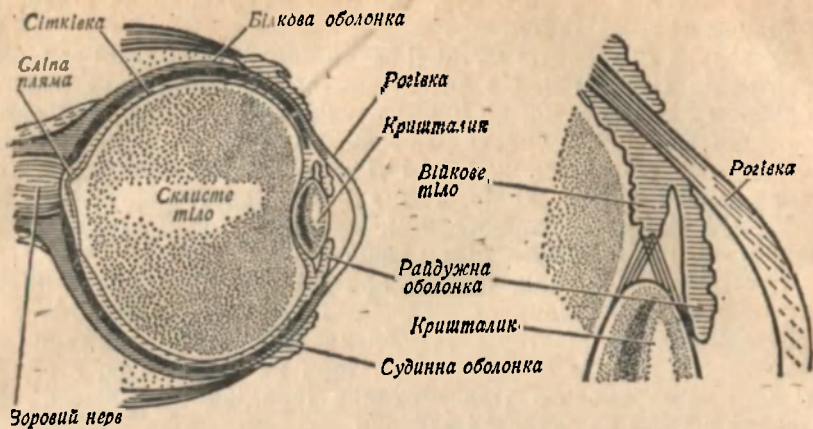


Рис. 27. Орган зору.

Форма ока куляста. У дорослих діаметр його становить близько 24 мм, у новонароджених — близько 16 мм. Форма очного яблука у новонароджених більш куляста, ніж у дорослих. В результаті такої форми очного яблука далекозора рефракція буває в 80—94% новонароджених дітей. Ріст очного яблука триває після народження. Найінтенсивніше воно росте перші п'ять років життя, менш інтенсивно — до 9...12 років.

Очне яблуко складається із трьох оболонок (рис. 27) — зовнішньої, середньої і внутрішньої.

Зовнішня оболонка ока — склера. Це компактна непрозора тканина білого кольору, завтовшки близько 1 мм. В передній частині вона переходить у прозору рогівку. Склера у дітей тонша. Їй властива підвищена розтяжність і еластичність. Це сприяє легкій деформації очного яблука, що важливо в формуванні рефракції ока.

Рогівка у новонароджених дітей товща і більше опукла. До п'яти років товщина рогівки зменшується, а радіус кривизни її з віком майже не змінюється. З віком рогівка стає гущішою і її заломна сила зменшується. Під склерою міститься судинна оболонка ока. Товщина її 0,2...0,4 мм. В ній велика кількість кровоносних судин. У передньому відділі очного яблука судинна оболонка переходить у війкове (ціліарне) тіло і райдужну оболонку (райдужку).

У війковому тілі міститься м'яз, який зв'язаний з кришталіком і регулює його кривизну.

Кришталік — це прозоре еластичне утворення, яке має форму двоопуклої лінзи. Кришталік вкритий прозорою сумкою; по всьому його краю до війкового тіла тягнуться тонкі, але дуже пружні волокна. Вони дуже натягнуті і тримають кришталік в розтягнутому стані. У новонароджених і дітей дошкільного віку кришталік більш опуклої форми, прозорий і більш еластичний.

В центрі райдужки є круглий отвір — зіниця. Величина зіниці змінюється, тому в око може потрапляти більша або менша кількість світла. Провіт зіниці регулюється м'язом, який міститься в райдужці. Зіниця у новонароджених вузька. У віці 6...8 років зіниця широкі в результаті переваги тонуса симпатичних нервів, які іннервують м'язи райдужної оболонки. У 8...10 років зіниця знову стає вузька і дуже жваво реагує на світло. До 12...13 років швидкість та інтенсивність реакції зіниці на світло такі самі як, у дорослого.

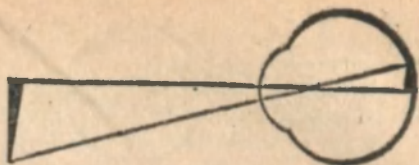


Рис. 28. Побудова зображення на сітківці.

Тканина райдужної оболонки містить особливу барвну речовину — меланін. Залежно від кількості цього пігменту колір райдужки коливається від сірого і голубого до коричневого, майже чорного. Кольором райдужки визначається колір очей. При відсутності пігменту (людей з такими очима називають альбіносами) промені світла проникають в око не тільки через зіницю, а й через тканину райдужки. В альбіносів очі червонуватого відтінку. В них нестаток пігменту в райдужці часто поєднується з недостатньою пігментацією шкіри і волосся. Зір у таких людей знижений.

Між рогівкою і райдужкою, а також між райдужкою і кришталиком є невеликі порожнини, які називаються відповідно передньою і задньою камерами ока. В них міститься прозора рідина — водяниста волога. Вона забезпечує поживними речовинами рогівку і кришталік, які не мають кровоносних судин. Порожнина ока позаду кришталіка заповнена прозорою желеподібною масою — склистим тілом.

Внутрішня поверхня ока вислана тонкою (0,2...0,3 мм), дуже складною за будовою оболонкою — сітківкою. В ній містяться світлочутливі клітини, які називають через їхню форму колбочками і паличками. Нервові волокна, що відходять від цих клітин, збираються до купи і утворюють зоровий нерв, який іде в головний мозок. У новонароджених дітей палички в сітківці диференційовані, число колбочок у жовтій плямі (центральної частини ретини) починає зростати після народження, і до кінця першого півріччя морфологічний розвиток центральної частини сітківки закінчується.

**Оптична система ока.** Світлові промені, які надходять в око, перш ніж вони потрапляють на сітківку, проходять через кілька заломних середовищ. До них належать рогівка, водяниста волога передньої і задньої камери ока, кришталік і склисте тіло. Кожне із цих середовищ має свій показник оптичної сили.

Оптична сила виражається в діоптріях. Одна діоптрія (Д) — це оптична сила лінзи з фокусною відстанню 1 м. Оптична сила

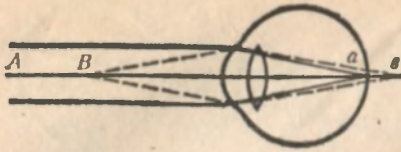


Рис. 29. Хід променів від різновіддалених точок:

від далекої точки *A* (паралельні промені) зображення *a* виходить на сітківці при ненапруженому акомодційному апараті; за тих же умов від близької точки *B* (промені, що розходяться) зображення *b* виходить за сітківкою.

рогівки становить 43 Д, кришталика — 19 Д, система ока загалом дорівнює 59 Д при розгляданні далеких предметів і 70,5 Д при розгляданні близьких предметів.

Око — надзвичайно складна оптична система, і для спрощення була запропонована така модель ока, в якій одна опукла поверхня дає сумарний ефект заломлення променів у всій складній оптичній системі

ока. Користуючись цією моделлю, можна побудувати зображення видимого предмета на сітківці (рис. 28). Для цього треба провести лінії від кінця предмета, який розглядається, до вузлової точки і продовжувати їх до перетину із сітківкою. Зображення на сітківці виходить справжнім, зменшеним і оберненим. Та обставина, що ми бачимо предмети не в перевернутому зображенні, а в їхньому природному вигляді, пояснюється життєвим досвідом і взаємодією аналізаторів.

Дитина в перші місяці після народження плутає верх і низ предмета. Якщо такій дитині показати свічку, яка горить, то вона, намагаючись схопити полум'я, протягне руку не до верхнього, а до нижнього кінця свічки.

Професор Каліфорнійського університету Муд (1964) надів спеціальні окуляри, які щільно прилягали до обличчя. Через них він бачив все так, як на матовому склі фотоапарата, тобто зображення було перевернутим. Протягом восьми днів він, проходячи кілька десятків кроків, відчував симптоми «морської хвороби», плував лівий бік з правим, верх і низ. Але після цього строку, хоч окуляри, як і раніше, були на обличчі, знову почав бачити правильно, тобто знову набув здатності рухатись і орієнтуватися в просторі. В своїх окулярах він їздив на мотоциклі, водив автомашину, пілотував літак. А потім скинув окуляри — і світ довкола нього знову «перекинувся». Лише через кілька днів всі зорові сприйняття стали нормальними.

Незважаючи на те що на сітківці зображення виходить оберненим, ми бачимо предмети завдяки щоденному тренуванню зорового аналізатора в прямому вигляді. Це досягається утворенням умовних рефлексів, свідченнями інших аналізаторів і постійною перевіркою зорових відчуттів щоденною практикою.

**Акомодация.** Щоб предмет, який ми розглядаємо, було ясно видно, треба промені всіх його точок спрямувати на задню поверхню сітківки, тобто сфокусувати (рис. 29).

Коли людина дивиться вдалину, предмети, розташовані на близькій відстані, здаються розпливчастими, вони не в фо-

кусі. Якщо око фіксує близькі предмети, неясно видно віддалені.

Спробуйте одночасно однаково ясно побачити шрифт книжки через марлеву сітку і саму марлеву сітку. Це вам не вдасться, бо предмети перебувають від ока на різній відстані.

Око здатне пристосовуватися до чіткого бачення предметів, які розташовані від нього на різній відстані. Цю здатність ока називають акомодацією. Акомодація здійснюється шляхом зміни кривизни кришталика. При розгляданні близьких предметів кришталик робиться опуклішим, завдяки чому промені від предмета сходяться на сітківці.

Кришталик через війковий поясок (циннову зв'язку) з'єднаний з м'язом, який розташований широким кільцем за коренем райдужної оболонки. Завдяки діяльності цього м'яза кришталик може змінювати свою форму, ставати більш або менш опуклим і відповідно сильніше або слабкіше заломлювати промені світла, які потрапляють в око.

При розгляданні предметів, які перебувають на далекій відстані, війковий м'яз розслаблений, а зв'язки, що прикріплені переважно до передньої і задньої поверхні капсули кришталика, в цей час натягнуті, що зумовлює здавлювання кришталика спереду назад і його розтягування. Тому, коли ми дивимося вдалину, кривизна кришталика, а отже, заломна сила його стають найменшими.

Як тільки предмет наближається до ока, відбувається скорочення війкового м'яза, зв'язка розслаблюється. Це припиняє здавлювання і розтягнення кришталика. Внаслідок еластичності кришталик стає опуклішим і його заломна сила збільшується.

Коли ми дивимося вдалину, радіус кривизни передньої поверхні кришталика 10 мм, а при найменшому напруженні акомодації, тобто при чіткому баченні максимально наближеного до ока предмета, радіус кривизни кришталика буде становити 5,3 мм.

Акомодація ока починається уже тоді, коли предмет розташований на відстані близько 65 м від ока. Виразно виражене скорочення війкового м'яза починається на відстані предмета від ока 10 і навіть 5 м. Якщо предмет продовжує наближатися до ока, акомодація все більше посилюється, і, нарешті, чітке бачення предмета стає неможливим. Найменшу відстань від ока, на якій предмет ще видно чітко, називають найближчою точкою ясного бачення. У нормального ока далека точка ясного бачення лежить у нескінченності.

Стареча далекозорість зумовлена відсуненням найближчої точки ясного бачення внаслідок втрати кришталиком еластичності і відповідного зменшення його заломної сили.

В 10 років найближча точка ясного бачення знаходиться на відстані менше 7 см від ока, в 20 років — 8,3 см, в 30 років —

11 см, в 40 років — 17 см, в 50 років — 50 см, в 60...70 років вона наближається до 80 см.

З віком відбувається зміна акомодатії. Причиною цього є ущільнення кришталика. Він стає все менш еластичний і поступово втрачає здатність змінювати свою форму. Відповідно зменшується також заломна сила кришталика. Її уже не досить для ясного бачення близьких предметів, потрібні окуляри. Зниження величини акомодатії починається з 10-річного віку (табл. 4), хоч практично це не позначається на зорові протягом багатьох років.

Таблиця 4. Вікові зміни величини акомодатії нормального ока

Вік, роки	Середня величина акомодатії, Д	Вік, роки	Середня величина акомодатії, Д
10	14,6	18	11,2
11	14,2	19	10,9
12	13,6	20	10,6
13	13,0	25	9,2
14	12,5	30	7,7
15	12,0	40	4,9
16	11,7	50	2,1
17	11,5	60	1,0

**Рефракція ока.** Рефракцією називають заломну силу ока при спокої акомодатії, коли кришталик максимально сплюснений.

Розрізняють три види рефракції ока (рис. 30): пропорційну (еметропічну), далекозору (гіперметропічну) і короткозору (міопічну). Ми уже зазначали, що у 80...90% новонароджених далекозора рефракція. Вона в них не перевищує 4 Д. Порівняно невеликий ступінь далекозорості у новонароджених пояснюється великою опуклістю кришталика і рогівки, а отже, їхньою більшою заломною силою.

Під час росту очного яблука змінюється його форма, опуклість рогівки і кришталика, і до 9...12 років встановлюється залежність між заломною силою (оптичний компонент) і довжиною осі (анатомічний компонент).

Якщо в процесі формування ока встановлюється відповідність анатомічного й оптичного компонентів один до одного, то розвивається розмірна рефракція.

В оці з розмірною рефракцією паралельні промені, які йдуть від далеких предметів,

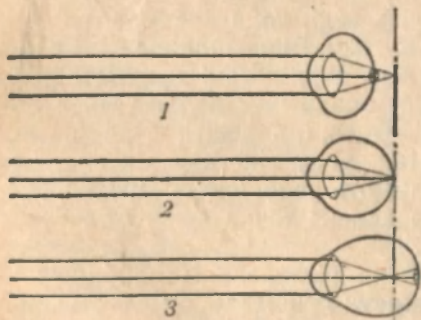


Рис. 30. Схема рефракції в далекозорому (1), нормальному (2) і короткозорому (3) оці.

перетинаються на сітківці, тим самим забезпечується чітке бачення предмета.

Для одержання на сітківці чітких зображень розташованих близько предметів треба посилити заломну здатність ока внаслідок напруження акомодациї, тобто шляхом збільшення кривизни кришталика. Чим ближче розташований предмет, який ми розглядаємо, тим опуклішим повинен стати кришталик, щоб перенести фокусне зображення предмета на сітківку.

Далекозоре око має відносно слабку заломну здатність. В такому оці паралельні промені, які йдуть від далеких предметів, перетинаються за сітківкою. В далекозорому оці поздовжня вісь коротка і тому паралельні промені, які йдуть від далеких предметів, збираються позаду сітківки. На сітківці при цьому виходить розпливчате зображення предмета. Для переміщення зображення на сітківку далекозоре око повинне посилити свою заломну здатність за рахунок збільшення кривизни кришталика уже при розгляданні віддалених предметів. Ще більше напруження акомодациї потрібне для ясного бачення близько розташованих предметів. Якщо акомодация не в змозі забезпечити одержання на сітківці далекозорого ока чітких зображень предметів, на які ми дивимось, то гострота зору знижується. В цих випадках допомагають окуляри із збірними двоопуклими скельцями (вони надають променям, що проходять через них, збірний напямок), які поліпшують гостроту зору і знижують напруження акомодациї.

В короткозорому оці паралельні промені, які йдуть від далеких предметів, перетинаються спереду сітківки, не доходячи до неї. Це може бути пов'язано із надто довгою поздовжньою віссю ока (більше 22,5...23,0 мм) або з більшою, ніж нормальна, заломною силою середовищ ока (кривизна кришталика більша). Такому окові, заломна здатність якого і так велика, акомодация допомогти не в змозі. Короткозоре око добре бачить тільки розташовані близько предмети. При короткозорості призначають окуляри з розсіюючими двовгнутими скельцями, які перетворюють паралельні промені в такі, що розходяться. Короткозорість у більшості випадків природжена, проте вона збільшується в шкільному віці від молодших класів до старших.

В тяжких випадках короткозорість супроводжується зміною сітківки, що веде до зниження зору і навіть відшарування сітківки. Тому своєчасне носіння окулярів школярами, які страждають на короткозорість, обов'язкове.

Про ступінь далекозорості або короткозорості судять за оптичною силою скла, яке, будучи приставлене до ока в умовах спокою акомодациї, так змінює напямок паралельних променів, які падають в нього, що вони перетинаються на сітківці. Оптичну силу скельців вимірюють у діоптріях.



У новонароджених очі, як правило, далекозорі. Із ростом дитини розмір очного яблука збільшується. До 9—12 років у більшості дітей очі стають пропорційними (табл. 5).

Таблиця 5. Вікові зміни рефракції ока (за А. А. Шенговою)

Вік, роки	Далекозорі, %	З нормальним зором, %	Короткозорі, %
5...7	69,8	26,5	3,7
8...10	59,53	34,13	6,33
11...13	47,1	43,9	9,0
14...16	31,8	56,8	11,4

Проте у частини дітей куляста форма ока може змінитися, стати продовженою. Задній відділ очного яблука розтягується, сітківка відповідно відсувається. Зображення окремих предметів, які утворюються в таких очах, перестають збігатися із сітківкою і втрачають чіткість. Очі стають короткозорими. Якщо очне яблуко і далі видовжується, то продовжує збільшуватися також ступінь короткозорості. У таких випадках говорять, що короткозорість прогресує. За даними Інституту фізіології дітей і підлітків АПН СРСР, у першому класі серед дітей 7...8 років короткозорих від 2 до 5%, а в сьомому класі ця кількість доходить до 16%.

Як виявляє себе початок розвитку короткозорості? Школяр заявляє, що він став погано бачити написане на класній дошці, просить пересадити його на перші парти. При читанні він наближує книжку до очей, дуже схиляє голову під час писання, в кіно або в театрі намагається зайняти місце поближче до екрана або сцени.

Для короткозорих характерне примружування очей при розгляданні предметів. Прагнення надмірно наблизити до короткозорих очей предмет, який розглядається, щоб зробити його зображення на сітківці чіткішим, вимагає значного навантаження м'язового апарата ока. Нерідко м'язи не справляються з такою напруженою роботою і одне око відхиляється в бік скроні. Виникає косоокість.

При неускладненій короткозорості окуляри нерідко відновлюють повну гостроту зору. Прогресуюча короткозорість може привести до серйозних необоротних змін в оці.

Короткозорість звичайно розвивається під впливом тривалої і безладної зорової роботи на близькій відстані. Розвитку короткозорості сприяє недостатнє освітлення робочого місця, неправильна посадка при читанні, письмі, дрібний шрифт книг з нечітким і блідим друком.

Рахіт, туберкульоз, ревматизм та інші загальні захворювання можуть стати причиною розтягнення очного яблука, але найча-

стіше вони створюють сприятливий ґрунт для розвитку короткозорості.

**Астигматизм.** Неможливість сходження всіх променів в одній точці, фокусі, називають астигматизмом. Це спостерігається звичайно при неоднаковій кривизні рогівки в різних її меридіанах. Якщо більше заломлюється вертикальний меридіан, астигматизм прямий; якщо горизонтальний — зворотний. Нормальні очі теж мають невеликий ступінь астигматизму, бо поверхня рогівки не цілком сферична; при розгляданні з відстані найкращого бачення диска з нанесеними на нього концентричними колами спостерігається незначне сплюснення кіл. Різкі ступені астигматизму, що порушують зір, виправляють за допомогою циліндричних скельців, які розташовуються по відповідних меридіанах рогівки.

**Гострота зору.** Для того щоб судити про здатність ока розрізняти форму і величину розглядуваного предмета, користуються поняттям гостроти зору.

Гострота зору — здатність розрізнити найменшу відстань між двома точками, що досягається, коли між двома збудженими колбочками є одна незбуджена. Мірилом гостроти зору є кут, який утворюється між променями, що йдуть від двох точок предмета до ока, — кут зору. Чим менший цей кут, тим вище гострота зору.

У більшості людей мінімальна величина кута зору становить 1 мін. Прийнято вважати цей кут нормою, а гостроту зору ока, яке має найменший кут зору — 1 мін, — одиницею гостроти зору. Це середня величина норми. Інколи у здорового ока гострота зору може бути дещо меншою, ніж одиниця. Зустрічається гострота зору і значно вища за одиницю. Із зменшенням освітленості гострота зору різко падає. Оптимальним для гостроти

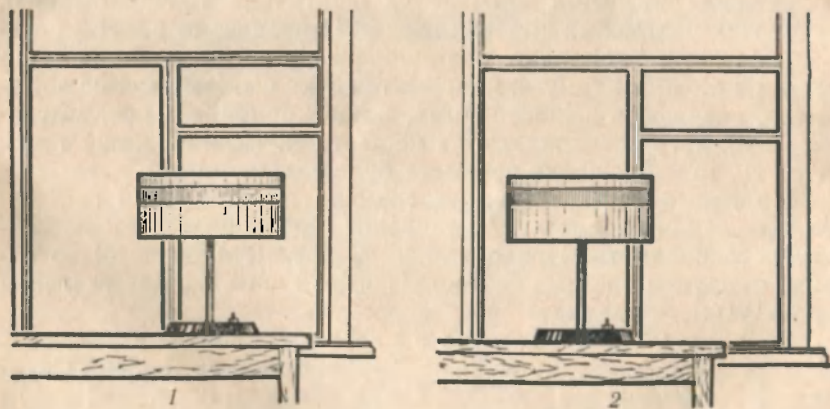


Рис. 31. Переміщення зображення лампи, яке виходить при розгляданні її лівим (1) і правим (2) оком.

зору є діаметр зіниці близько 3 мм. Око сприймає дві точки предмета як різні, коли на сітківці виходить зображення двох точок предмета на двох різних колбочках.

Для вимірювання гостроти зору користуються таблицями, на яких зображені літери або фігури і біля кожного рядка відмічено, з якої відстані око бачить кожну деталь під кутом в 1' (одну мінуту).

При визначенні гостроти зору людина повинна перебувати на відстані 5 м від таблиці, яка висить на стіні. Спочатку визначають гостроту зору одного ока, потім другого. Під час визначення той, кого перевіряють, аркушем паперу або рукою затуляє друге око. Показником гостроти вважається рядок з найменшими за розміром літерами, на якому той, кого перевіряють, може розрізнити кілька літер.

**Зір двома очима (бінокулярний зір).** Нормальний зір здійснюється двома очима (бінокулярний зір). Це дає змогу відчувати рельєфне зображення предметів, бачити глибину і визначати відстань предмета від ока. Відомо, що при розгляданні предметів лівим і правим оком ми бачимо неоднаково. Зображення предмета на сітківці при розгляданні різними очима показане на рис. 31. Образи, які ми бачимо правим оком, включають більше правих частин предмета, а лівим — лівих. Тому фотографічний знімок предмета, знятого правим оком, відрізняється від знімка того самого предмета, знятого лівим оком. Якщо промені, які йдуть від обох знімків, сумістити за допомогою призматичних скельців (як це роблять в стереоскопі), то дістанемо рельєфне зображення предмета, а не площинне.

Коли ми дивимося двома очима, на сітківці кожного ока виходить своє зображення розглядуваного предмета. Проте людина сприймає предмет як єдине ціле. Це відбувається тому, що зображення предмета виникає на ідентичних точках сітківки. Ідентичними точками сітківки двох очей називають області центральних ямок і всі точки, розташовані від неї на однаковій відстані і в одному і тому ж напрямку. Точки сітківки, які не збігаються, називають неідентичними. Якщо промені від розглядуваного предмета потрапляють на неідентичні (невідповідні) точки сітківки, то зображення предмета буде роздвоєним.

Зір двома очима полегшує сприйняття простору і глибини розташування предмета, дає уявлення про форму, обсяг розглядуваного предмета. При розгляданні предмета по черзі то одним, то другим оком ми бачимо різні боки його, що дає уявлення про об'ємність предмета.

Сприйняття руху предмета в разі нерухомого ока залежить від пересування, переміщення його зображення на сітківці. Сприйняття предметів, які рухаються, при одночасному рухові очей і голови і визначенні швидкості руху предметів зумовлені не тільки зоровими, а й доцентровими імпульсами від пропріорецепторів очних і шийних м'язів.

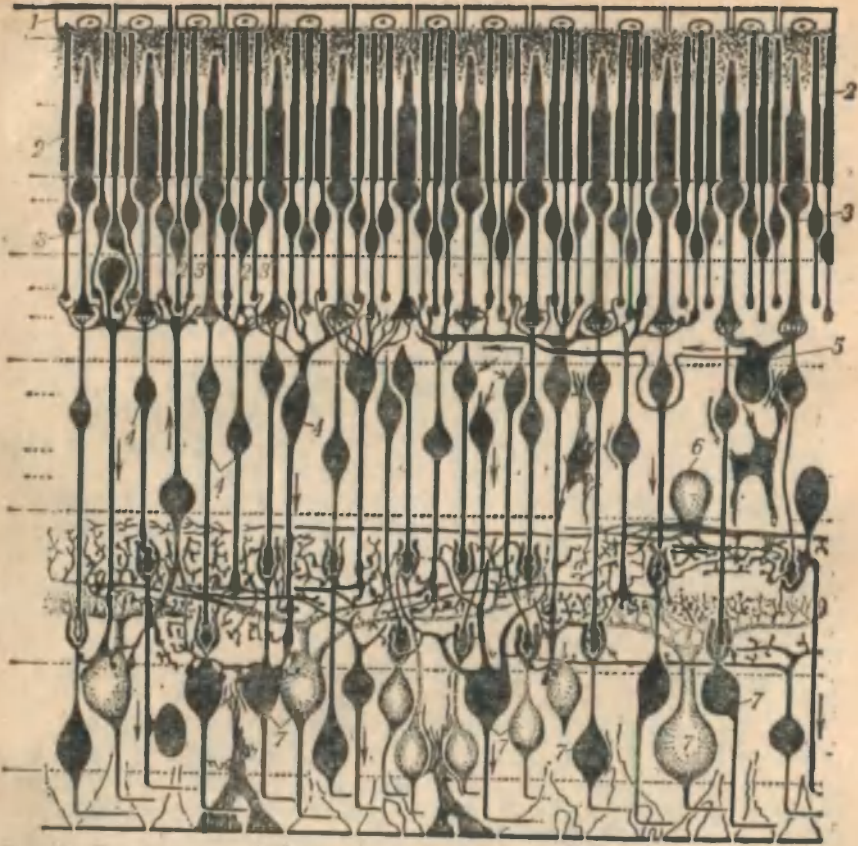


Рис. 32. Схема будови сітківки:

1 — пігментний шар; 2 — палички; 3 — колбочки; 4 — біполярні нейрони; 5 — горизонтальна клітина; 6 — амакринова клітина; 7 — гангліозні клітини. Пунктиром поділені шари сітківки.

**Світлосприймаючий апарат ока.** Сітківка (рис. 32) — це внутрішня оболонка ока, яка має складну багатшарову структуру. Тут є два види рецепторів — палички і колбочки. Це фоторецептори. Світлові промені від розглядуваних предметів, проникаючи через зіницю в око, діють на світлочутливі клітини ретини і зумовлюють в них нервові збудження, яке передається по зоровому нерву в кірковий центр зору, розташований у потиличних частках мозку. В корі великого мозку відбувається дуже складний процес переробки зорової інформації, в результаті якого виникає зорове відчуття.

В сітківці нараховується приблизно 125 млн. паличок і 6 млн. колбочок. Основна маса колбочок зосереджена в центральній області сітківки — в жовтій плямі. З віддаленням від центра кількість колбочок зменшується, а паличок збільшується. На периферії сітківки є тільки палички,

Колбочки призначені для денного зору. Вони малочутливі до слабого освітлення. Вони сприймають форму, колір і деталі предметів. Палички сприймають світлові промені в умовах при-  
смеркового освітлення.

Жовта пляма, особливо його центральна ямка, яка складається тільки з колбочок, є місцем найкращого бачення. Такий зір називають центральним. Решта сітківки бере участь в боковому, або периферичному, зорові. Затримайте погляд на якій-небудь літері рядка, який ви читаете, і ви переконаєтеся в тому, що цю літеру видно добре, решта літер, особливо ті, що розташовані по краях рядка, помітна гірше. Центральний зір забезпечує можливість розглядати дрібні деталі предметів, а периферичний зір дає можливість орієнтуватися в просторі.

Зовнішні членики паличок містять у собі особливу речовину пурпурного кольору — зоровий пурпур, або родопсин. У колбочках — речовина фіолетового кольору — йодопсин, який, на відміну від родопсина, в червоному кольорі вицвітає.

Кожна колбочка центральної ямки з'єднана через біполярну клітину з окремою мультиполярною нервовою клітиною, що зумовлює найбільшу гостроту зору в центральній ямці. В інших ділянках сітківки з кожною мультиполярною нервовою клітиною з'єднано кілька колбочок. На відміну від колбочок велика кількість паличок (до 200) з'єднана з однією біполярною клітиною.

Збудження паличок і колбочок веде до появи нервових імпульсів у зв'язаних з ними волокнах зорового нерва.

Зоровий пурпур є тією світлореактивною речовиною, яка, розкладаючись на світлі, дає можливість бачити в присмерках при слабкому освітленні, коли кольори предметів не розрізняються. Розпад зорового пурпуру під дією світла спричиняє виникнення імпульсів збудження в закінченнях зорового нерва і є початковим моментом зорової аферентації.

Відмітна швидкість знебарвлювання зорового пурпуру при дії променів різної довжини хвилі спричиняє різну доцентрову імпульсацію. У темряві зоровий пурпур відновлюється. На світлі зоровий пурпур розкладається на білок опсин і пігмент ретинен — похідну вітаміну А.

У темряві вітамін А перетворюється в ретинен, який з'єднується з опсином і утворює родопсин. Тому у темряві в сітківці міститься мізерна кількість вітаміну А, а на світлі значна кількість вільного вітаміну А. Отже, вітамін А — джерело утворення зорового пурпуру.

Нестача в їжі вітаміну А дуже порушує утворення зорового пурпуру, що зумовлює різке погіршення присмеркового зору, так звану курячу сліпоту (гемералопія).

Колбочки менш збудливі, тому при попаданні слабого світла в центральну ямку, де містяться колбочки, а паличок нема, ми його бачимо дуже погано або не бачимо зовсім. Зате слабе світло добре видно при дії його на бокові поверх-

ні сітківки. Встановлено, що тільки палички функціонують при дії слабкого світла — менше 0,01 лк на білій поверхні (люкс — одиниця освітленості, яку створює одна міжнародна свіча на поверхні 1 м<sup>2</sup> при перпендикулярному падінні світла з відстані 1 м). При яскравостях світла, які перевищують 30 лк на білій поверхні, функціонують майже виключно колбочки. В присмерку кольори не розрізняються.

В сітківці денних тварин (кури, голуби) є тільки колбочки, а в сітківці нічних тварин (сови, кажани) — тільки палички.

Зорові відчуття виникають не одразу з початком подразнення, а після деякого прихованого періоду (0,1 с). Відчуття не зникає з припиненням подразнення світлом, а залишається протягом деякого часу. Це послідовний образ. Він продовжується протягом часу, необхідного для зникнення із сітківки подразнюючих продуктів розпаду світлореактивних речовин і їхнього відновлення. На цьому ґрунтується кінематограф. Кінострічка складається із окремих кадрів. Завдяки послідовним образам проміжки між кадрами оком не розрізняються, а спостерігається безперервний рух їх.

Рецептори сітківки передають сигнали по волокнах зорового нерва. Кожний зоровий нерв містить 800 тис. ...1 млн. нервових волокон.

Рецептори сітківки передають сигнали по волокнах зорового нерва тільки один раз, в момент появи нового предмета, а потім додаються сигнали про наступаючі зміни зображення предмета порівняно з його попереднім зображенням і його зникненням. Зорові відчуття виникають тільки в момент фіксації погляду в ряду послідовних точок предмета.

Збудливість зорового аналізатора залежить від кількості світлореактивних речовин у сітківці. При дії світла на око внаслідок розпаду світлореактивних речовин збудливість ока знижується. Це пристосування ока до світла — світлова адаптація. Наприклад, при виході із темного приміщення на яскраве сонячне світло ми спочатку нічого не розрізняємо, але незабаром адаптуємося до світла і чудово все бачимо. Падіння збудливості ока на світлі тим більше, чим яскравіше світло. Особливо швидко знижується збудливість в перші 3...5 хв.

В темряві у зв'язку з відновленням світлореактивних речовин збудливість ока до світла зростає — темнова адаптація. Збудливість колбочок може зрости в темряві в 20...50 разів, а паличок — в 200...400 тис. разів.

Здатність до сенсibiliзації зору знижується внаслідок харчового голодування, нестачі вітаміну А, кисню в повітрі, при втомі. Тренування продовжує стан сенсibiliзації до 2...3 год.

Крім світлової, є ще колірна адаптація, тобто падіння збудливості ока при дії променів, які викликають колірні відчуття. Чим інтенсивніший колір, тим швидше падає збудливість ока. Найшвидше і різко знижується збудливість при дії

синьо-фіолетового подразника, повільніше і найменше — зеленого.

При проектуванні в сітківку нерухомого зображення око швидко перестає його розрізняти. Внаслідок адаптації людина не могла б бачити нерухомі предмети, якби не безперервні дрібні коливальні рухи очей, які здійснюються постійно протягом 25 мс кожний. За цей час припиняється адаптація відповідного поля і відновлюється ефект включення зорового подразника, тому людина може бачити нерухомий предмет. У жаб таких рухів очей нема, тому вони бачать тільки ті предмети, які в полі зору переміщуються. Звідси стає зрозумілим, наскільки велика роль очей у процесі зору.

Відчуття кольору виникає при дії на зоровий аналізатор електромагнітних хвиль певної довжини. Видима частина спектра обмежена довжинами хвиль від 390 до 760 нм. В межах видимої частини спектра кожна із його ділянок спричиняє певні кольорні відчуття, які відповідають таким довжинам хвиль (в нм): червоний — 620...760, оранжевий — 585...510...550, голубий — 480...510, синій — 450...480, фіолетовий — 390...450.

За даними деяких авторів, діти починають розрізняти жовтий, зелений і червоний кольори вже з 3-місячного віку (вже з трьох місяців вдавалося виробити умовні рефлекси на жовтий, зелений і червоний кольори); інші автори відсувають цей час на 8—9-місячний вік, вважаючи, що розпізнавання кольорів у більш ранньому віці залежить від яскравості, а не від спектральної характеристики кольору. Повністю розрізняти кольори діти починають з кінця третього року життя. В шкільному віці розрізняльна колірна чутливість ока підвищується.

Трикомпонентна теорія колірної зору. Її основи були викладені М. В. Ломоносовим (1756). За цією теорією, в сітківці ока містяться три види колбочок, в кожному з яких є особлива кольорореактивна речовина. Одним колбочкам властива підвищена збудливість до насиченого червоного кольору; іншим — до насиченого зеленого; третім — фіолетового. В зоровому нерві є три особливі групи нервових волокон, кожна з яких проводить аферентні імпульси від однієї із груп колбочок. При освітленні сітківки променями і одночасному відведенні потенціалів від окремих волокон зорового нерва найбільша електрична активність буде на ділянці оранжевого, зеленого і синьо-фіолетового. В звичайних умовах промені діють не на одну групу колбочок, а на 2 або 3 групи; при цьому хвилі різної довжини збуджують їх різною мірою.

Порушення колірної зору. Інколи у людини частково або повністю порушується сприйняття кольору. Це колірна сліпота. При повній колірній сліпоті людина бачить всі предмети однаково забарвленими в сірий колір, ніяких інших кольорів вона не сприймає. Часткове порушення колірної зору дістало назву дальтонізму (від прізвища англійського хіміка Дальто-

на, в якого вперше було виявлено це порушення). Дальтоники звичайно не розрізняють червоний і зелений кольори (вони їм здаються сірими різних відтінків). Близько 4...5% всіх чоловіків страждають на дальтонізм. У жінок він зустрічається рідше (до 0,5%).

Для виявлення дальтонізму користуються спеціальними кольорними таблицями.

**Вікові особливості зорових рефлекторних реакцій.** Перші реакції новонародженої дитини мають характер захисних і орієнтувальних рефлексів. Рефлекторне звуження зіниці на світло змінюється з віком. В перший місяць життя дитини воно становить 0,9 мм, в 6...12 місяців — 1,2 мм, у віці від 2,5 до 6 років — 1,5 мм і тільки у старшому віці воно досягає величини дорослих — 1,9 мм.

Новонароджені не вміють фіксувати поглядом предмет. Фіксація формується у віці від 5 днів до 3...5 місяців. На кінець першого місяця життя вона стійка протягом 1...1,5 хв, до трьох місяців — 7...10 хв. У віці від 3 до 7 років здатність довільно фіксувати очі вдосконалюється. На другому місяці життя на основі розвитку фіксації у дитини з'являється зорове зосередження.

Новонароджені повертають очі в бік світлового подразника, при дії сильних світлових подразників заплющують очі, в 1,5...2 місяці при швидкому наближенні предмета до ока з'являється мигальний рефлекс.

Новонароджена дитина бачить, але в неї нема ще добре розвинутого чіткого ясного бачення.

В перші дні після народження рухи очей у дітей некоординовані: праве і ліве око можуть рухатися в протилежних напрямках, при непорушності одного ока можна спостерігати рух другого. В цей же період рухи повік і очного яблука некоординовані (може бути одне повіко відкрите, а друге опущене). До другого місяця рухи очей і повік стають координованими.

Новонароджена дитина плаче без сліз, хоч слізні залози у неї розвинуті. У зв'язку з недостатнім розвитком відповідних нервових центрів захисний слізний рефлекс проявляється не зразу після народження. Сльози у дітей під час плачу з'являються лише після 1,2...2 місяців.

Зорові умовні рефлекси виробляються з перших місяців життя дитини, проте чим менший вік дитини, тим потрібна більша кількість поєднань умовного зорового сигналу і безумовного подразника.

### **Слуховий аналізатор**

**Основні функції.** Слуховий аналізатор сприймає коливання повітряного середовища. У людини і вищих хребетних тварин цей орган відокремлений від інших органів чуттів.



Периферична частина аналізатора — переддверно-завитковий орган — пов'язаний у всьому тваринному світі з органами збереження рівноваги, які беруть участь у підтриманні певної пози тіла. Тварина, яка втратила відчуття рівноваги, почавши рухатися, негайно перекинулася б на спину або на бік.

Рецепторні апарати — слуховий і вестибулярний — розташовані у внутрішньому вусі. В філогенезі вони мають спільне походження. Обидва рецепторні апарати іннервуються волокнами VIII пари черепних нервів. Обидва збуджуються механічними коливаннями: вестибулярний апарат сприймає кутові прискорення, слуховий — повітряні коливання.

Як ми уже говорили, у людини переддверно-завитковий орган виконує ще одну важливу функцію: він є частиною системи, яка забезпечує здатність до членороздільної мови. Слухові сприйняття в процесі розвитку людини настільки тісно пов'язуються з мовою, що дитина, яка втратила слух у ранньому дитинстві, втрачає і мовну здатність, хоч весь артикуляційний апарат у неї залишається непорушеним.

Переддверно-завитковий орган у людського зародка розвивається із слухового пухирця, який з'єднується спочатку із зовнішньою поверхнею тіла. З розвитком ембріона слуховий пухирець відшнуровується від шкірних покривів і утворює три маленьких півколових канали, розташованих у трьох взаємно перпендикулярних площинах. Частина первинного слухового пухирця, яку сполучають ці три півколові канали, називають переддвер'ям. Воно складається із двох камер — овальної (маточка) і круглої (мішечок).

У нижньому відділі переддвер'я із тонких перетинчастих камер утворюється порожнистий виступ, або язичок, який у зародків витягується, а потім скручується у вигляді завитки. Цей язичок утворює сприймаючу частину органа слуху — спіральний (кортіїв) орган. Це відбувається на 12-му тижні внутрішньоутробного розвитку. На 20-му тижні починається мієлінізація волокон переддверно-завиткового нерва. Диференціювання клітин у кірковому відділі слухового аналізатора починається в останні місяці внутрішньоутробного розвитку, інтенсивна в перші два роки після народження, а закінчується розвиток кіркового відділу аналізатора до 12...13-річного віку.

Слухові рецептори містяться в завитці внутрішнього вуха, яка розташована в піраміді скроневої кістки. Звукові коливання передаються до них через систему допоміжних утворень, які забезпечують досконале сприйняття звукових подразнень. Переддверно-завитковий орган людини складається з трьох частин — зовнішнього, середнього і внутрішнього вуха (рис. 33).

Зовнішнє вухо складається із вушної раковини і зовнішнього слухового ходу. Зовнішнє вухо призначене для вловлювання звуків. Вушна раковина утворена еластичним хрящем, зовні вкрита шкірою. Внизу вушна раковина доповнена шкір-

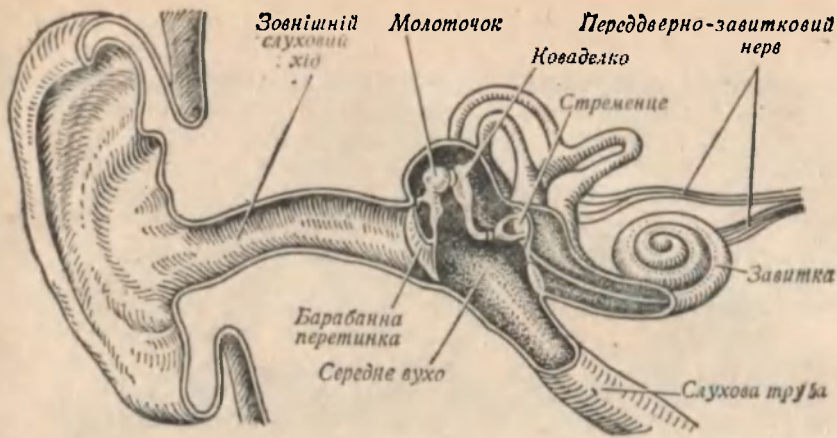


Рис. 33. Переддверно-завитковий орган.

ною складкою — мочкою, яка заповнена жировою тканиною. У тварин раковина рухома, що дає можливість їм вловлювати напрямок звуку. У людини вушні м'язи розвинуті слабо і вушна раковина майже нерухома. Визначення напрямку звуку у людини пов'язане з так званим бінауральним слухом, тобто із слуханням двома вухами. Будь-який звук, що іде збоку, надходить в одне вухо раніше на кілька часток мілісекунди, ніж у друге (залежно від місцезнаходження джерела звуку). Різниця в часові надходження звукових хвиль, які сприймаються лівим і правим вухом, дає можливість людині визначити напрямок звуку. Якщо у людини одне вухо уражене і не функціонує, то вона визначає напрямок звуку поворотом голови.

Зовнішній слуховий прохід у дорослої людини має довжину 2,5 см, місткість 1 см<sup>3</sup>. Слуховий хід висланий тонкою шкірою з тонкими волосками і видозміненими потовими залозами, які виробляють вушну сірку. Вушна сірка складається з жирових клітин, які містять пігмент. Волоски і вушна сірка виконують захисну роль.

На межі між зовнішнім і середнім вухом розташована барабанна перетинка.

Це тонка сполучнотканинна пластинка (завтовшки близько 0,1 мм), яка зовні вкрита епітелієм, а зсередини слизовою оболонкою. Барабанна перетинка розташована похило і починає коливатися, коли на неї падають з боку зовнішнього слухового ходу звукові коливання. А оскільки барабанна перетинка не має власного періоду коливань, то вона коливається при будь-якому звукові відповідно до його довжини хвилі.

Середнє вухо складається із барабанної порожнини, яка має неправильну форму у вигляді маленького плоского барабана, з туго натягнутою на нього перетинкою, що коливається, і слухової труби.

Всередині порожнини середнього вуха розташовані слухові кісточки, які з'єднані між собою,— молоточок, коваделко і стреміньце. Внутрішнє вухо відділене від середнього перетинкою овального вікна.

Рукоятка молоточка вплетена в барабанну перетинку, другим кінцем молоточок з'єднаний з коваделком, а воно за допомогою суглоба рухомо з'єднане із стреміньцем. До стреміньця прикріплений стреміньцевий м'яз, який утримує його біля перетинки овального вікна переддвер'я.

Система слухових кісточок забезпечує збільшення тиску звукової хвилі при передачі з барабанної перетинки на перетинку овального вікна приблизно в 30...40 разів. Це дуже важливо, бо навіть слабкі звукові хвилі, які потрапляють на барабанну перетинку, спроможні перебороти опір мембрани овального вікна і передати коливання у внутрішнє вухо, трансформуючись там у коливання рідини — ендолімфи.

Барабанна порожнина з'єднана з носоглоткою за допомогою слухової (евстахієвої) труби завдовжки 3,5 см і завширшки 2 мм. Труба підтримує однаковий тиск зовні і зсередини на барабанну перетинку, що створює найсприятливіші умови для її коливання. Отвір труби в глотці звичайно перебуває в спалому стані, і прохід повітря в барабанну порожнину відбувається під час акту ковтання і позіхання, коли відкривається просвіт труби і тиск у глотці і барабанній порожнині вирівнюється.

Внутрішнє вухо міститься в кам'янистій частині скроневої кістки і являє собою кістковий лабіринт, всередині якого є перетинчастий лабіринт із сполучної тканини. Перетинчастий лабіринт ніби вставлений у кістковий лабіринт і загалом повторює його форму. Між кістковим і перетинчастим лабіринтами міститься рідина — перилімфа, а всередині перетинчастого лабіринта — ендолімфа.

У стінці, яка відділяє середнє вухо від внутрішнього, крім овального вікна, є ще кругле вікно, яке робить можливим коливання рідини.

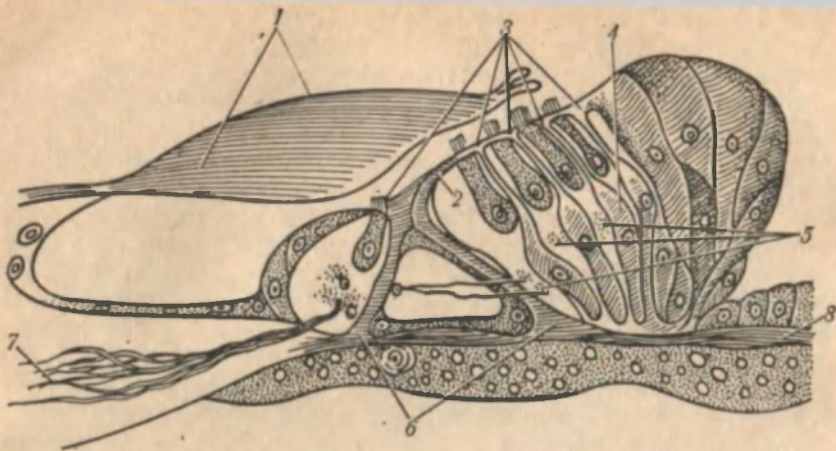


Рис. 34. Схема спірального органа (орган Корті):

1 — покривна пластинка; 2, 3 — зовнішні (3...4 ряди) і внутрішні (1 ряд) волоскові клітини; 4 — опорні клітини; 5 — волокна завиткового нерва (в поперечному розрізі); 6 — зовнішні і внутрішні стовпи; 7 — завитковий нерв; 8 — основна пластинка.

Кістковий лабіринт складається з трьох частин: в центрі — переддвер'я, спереду від нього — завитка, а ззаду — півколові канали. Кісткова завитка — це канал, який спіралью звивається і утворює два з половиною обороти навколо стержня конічної форми. Діаметр кісткового каналу біля основи завитки 0,04 мм, а на вершині 0,5. Від стержня відходить кісткова спіральна пластинка, яка ділить порожнину каналу на дві частини, або драбини.

Всередині середнього каналу завитки, в завитковому ході, міститься звукосприймальний апарат — спіральний орган (рис. 34).

Спіральний орган має базиллярну (основну) пластинку, яка складається приблизно з 24 000 тонких фіброзних волоконець різної довжини, дуже пружних і слабо зв'язаних одне з одним. На основній пластинці вздовж неї в 5 рядів розташовані опорні і волоскові чутливі клітини, які є власне слуховими рецепторами.

Внутрішні волоскові клітини розташовані в один ряд. Їх по всій довжині перетинчастого каналу 3500. Зовнішні волоскові клітини розташовуються в 3...4 ряди. Всього зовнішніх волоскових клітин 12 000...20 000. Кожна рецепторна клітина має подовжену форму. На кожній волосковій клітині є 60...70 дрібненьких волосків (завдовжки 4...5 мкм). Волоски рецепторних клітин обмиваються ендолімфою і контактують з покривною пластинкою. Над волосковими клітинами нависає покривна пластинка. Волоскові клітини охоплюються нервовими волокнами завиткової гілки слухового нерва. В довгастому мозкові міститься другий нейрон слухового шляху; далі цей

шлях іде, здебільшого перехрещуючись, до задніх бугрів чотиригорбикового тіла, а від них — у скроневу область кори, де розташована центральна частина слухового аналізатора.

В корі великого мозку є не один, а ряд слухових центрів, із яких одні пристосовані для сприйняття більш простих звуків — тонів і шумів (нижні скроневі закрутки), а інші пов'язані із найскладнішими звуковими відчуттями, які виникають, коли людина слухає мову, говорить сама або слухає музику.

**Механізм сприйняття звуку.** Для слухового аналізатора звук є адекватним подразником. Звукові хвилі виникають як чергування згущень і розріджень повітря, що поширюються у всі боки від джерела звуку. Всі вібрації повітря, води або іншого пружного середовища поділяються на періодичні (тони) і неперіодичні (шуми). Якщо їх записати, то тони мають правильну, чітку, ригмічну форму, шуми — неправильну, складну.

Тони бувають високі і низькі. Останнім відповідає менша кількість коливань на секунду. Основною характеристикою кожного звукового тону є довжина звукової хвилі, якій відповідає певна кількість коливань на секунду.

Довжину звукової хвилі визначають відстанню, яку проходить звук за секунду, поділеною на кількість повних коливань, що їх здійснює тіло, яке звучить, за секунду. Чим більша кількість коливань, тим коротша довжина хвилі. У високих звуків хвиля коротка, вона вимірюється в міліметрах; у низьких — довга, вона вимірюється метрами.

Найвищий звук, який ми в змозі почути, має 20 000 коливань на секунду (20 000 Гц); найнижчий — 12...24 Гц. У дітей верхня межа слуху досягає 22 000 Гц; у літніх людей вона нижча — близько 15 000 Гц.

У багатьох тварин верхня межа слуху вища, ніж у людини. У собак, наприклад, вона доходить до 38 000 Гц, у кішок — 70 000 Гц, у кажанів — 100 000 Гц.

Звуки, що досягають 50...100 тис. коливань на секунду, людина не чує — це ультразвуки. За допомогою фізичних приладів людина може викликати і реєструвати ультразвуки.

Звукові хвилі — це завжди поздовжні коливання середовища. Сила звуку залежить від розмаху (амплітуди) коливань повітряних частинок.

Звук характеризується тембром, або забарвленням. Кожне джерело звуку, хай це буде струна скрипки, мідна труба або дерев'яна пластинка, поряд із основним коливанням робить цілий ряд інших, додаткових коливань. Звук кожного інструменту супроводять додаткові коливання — обертони. Обертон — звук, число коливань якого у два, чотири, вісім і т. д. разів перевищує число коливань основного тону. Залежно від того, який з обертонів дужче виражений, звук інструменту дістає своє особливе «забарвлення», яке можна відрізнити серед маси інших звуків. Те саме стосується й звуків людського го-

лосу. Кожна людина має свій особливий індивідуальний тембр, свої обертони, своє забарвлення голосового звуку, за яким її можна впізнати навіть тоді, коли не бачимо її обличчя.

Найбільшу збудливість вухо має до звуків з частотою коливань у межах від 1000 до 4000 Гц. Нижче 1000 і вище 4000 Гц збудливість вуха дуже знижується.

Як же виникає відчуття звуку? 1863 р. Гельмгольц запропонував резонансну теорію слуху.

Але спочатку кілька слів про резонанс.

Припустимо, що перед нами натягнена струна або камертон, який може здійснювати самостійні коливання і тим самим утворювати повітряні хвилі з певною довжиною і певним розмахом (амплітудою). Якщо тепер починає діяти другий камертон, то перший, до якого доходять хвилі від другого, приходить в рух, робить ряд вимушених коливань. Проте це відбувається не завжди, а тільки в тому разі, коли обидва камертони настроєні на той самий тон. Це явище має назву резонансу.

Повітряні звукові хвилі, потрапляючи в зовнішній слуховий хід, зумовлюють коливання барабанної перетинки. Далі коливання барабанної перетинки передаються через середнє вухо. Система слухових кісточок, діючи як важіль, посилює звукові коливання і передає їх рідині, що міститься між кістковим і перетинчастим лабіринтами завитки. Звукові коливання можуть передаватися і через повітря, яке є в середньому вусі.

За резонансною теорією, коливання ендолімфи спричиняють коливання основної пластинки, волокна якої мають різну довжину, настроєні на різні тони і являють собою набір резонаторів, що звучать в унісон різним звуковим коливанням. Найкоротші хвилі сприймаються біля основи завитки, а найдовші — біля верхівки.

При коливанні відповідних резонуючих ділянок основної пластинки коливаються і розташовані на ній чутливі волоскові клітини. Найдрібніші волоски цих клітин торкаються при коливанні покривної пластинки і деформуються, що веде до збудження волоскових клітин і проведення доцентрових імпульсів по волокнах завиткового нерва в центральну нервову систему.

Оскільки повної ізоляції волокон основної мембрани немає, то одночасно починають коліватися і сусідні волокна, що відповідає обертонам.

Дослідження електричних потенціалів волокон завиткового нерва показало, що кожна із складових частин його волокон відповідає на звук певної частоти. Це свідчить про те, що аналіз розрізнення звуку відбувається уже в рецепторній частині звукового аналізатора.

Правильність резонансної теорії була підтверджена дослідниками з вироблення умовних рефлексів у собак на певну частоту звуку з наступним зруйнуванням відповідних ділянок спірального органа.

Проте резонансна теорія слуху не може пояснити багатьох явищ у сприйнятті звуку. Якщо погодитись, що основна мембрана являє собою набір резонаторів, то як пояснити величезний діапазон частот, що сприймаються нею,— від 16 до 20 000 Гц? Якщо погодитися з положеннями резонансної теорії, то пружність основної мембрани при сприйнятті такого діапазону частот на різних ділянках повинна змінюватися 10 000 разів. Не вкладаються в рамки цієї теорії також інші факти.

Ось чому було висловлене припущення, що на певну частоту резонують не тільки певні, а й сусідні волокна, а також лімба, яка міститься в завитці.

**Адаптація.** При тривалій дії сильних звуків збудливість звукового аналізатора знижується, а при тривалому перебуванні в тиші збудливість зростає. Це адаптація. Найбільша адаптація спостерігається в зоні більш високих звуків.

Надмірний шум не тільки веде до втрати слуху, а й викликає психічні порушення у людей. Реакція на шум може виявлятися і в діяльності внутрішніх органів, але особливо в серцево-судинній системі. При сильному шумові знижується працездатність людини. Спеціальними дослідженнями на тваринах доведена можливість появи «акустичного шоку» і «акустичних корчів», часом смертельних.

Коли під впливом деяких хвороб вуха людина стає глухою, сучасна медицина дає можливість повернути хворому хоч би частково слух, використовуючи для цього кісткову провідність звуку. Людина здатна сприймати звукову вібрацію головним чином скроневою кісткою, в якій міститься завитка із спіральним органом.

Невеликий прилад — звукопідсилювач повітряних хвиль — вміщують у кишені пацієнта, а чутливий приймач вкладають йому у вуха. В результаті такий хворий починає сприймати і розрізняти підсилені приладом коливання.

**Вікові особливості слухового аналізатора.** Незважаючи на ранній розвиток слухового аналізатора, переддверно-завитковий орган у новонароджених дітей ще не цілком розвинутий, і нерідко вважають, що дитина народжується глухою. Така думка помилкова. Переддверно-завитковий орган функціонує від дня народження. У новонароджених спостерігається відносна глухота, яка пов'язана з особливостями будови їхнього вуха.

Зовнішній слуховий прохід у них короткий і вузький, і спочатку розташований вертикально. У дітей до одного року зовнішній слуховий хід складається з хрящової тканини, і тільки в наступні роки основа зовнішнього слухового ходу костеніє. Барабанна перетинка товща, ніж у дорослих, і розташована майже горизонтально.

Порожнина середнього вуха у новонароджених заповнена амніотичною рідиною, що утруднює коливання слухових кісточок. Поступово ця рідина розсмоктується, і замість неї із но-

соглотки через слухову (евстахієву) трубу проникає повітря. Слухова труба у дітей ширша і коротша, ніж у дорослих, що створює особливі умови для попадання мікробів, слизу і рідини при зригуванні, блюванні, нежиті в порожнину середнього вуха. Цим пояснюється досить часто у дітей запалення середнього вуха (отит).

Новонароджена дитина реагує на голосні звуки здриганням, зміною дихання, припиненням плачу. Цілком виразним слух у дітей стає на кінець 2-го — початок 3-го місяця. На другому місяці життя дитина диференціює якісно різні звуки, в 3...4 місяці розрізняє висоту звуку в межах від 1 до 4 октав, в 4...5 місяців звуки стають умовнорефлекторними подразниками, хоч умовні харчові і оборонні рефлекси на звукові подразники виробляються з 3...5 тижнів життя дитини. До 1...2 років діти диференціюють звуки, різниця між якими становить 1...2, а до 4...5 років навіть  $\frac{3}{4}$  і  $\frac{1}{2}$  музикального тону.

Гострота слуху визначається найменшою силою звуку, яка може спричинити звукові відчуття (порог чутності). У дорослої людини поріг чутності дорівнює 10...12 дБ, у дітей 6...9 років — 17...24 дБ, у 10...12-річних дітей — 14...19 дБ. Найбільша гострота слуху досягається з настанням середнього і старшого шкільного віку (14...19 років).

Низькі тони діти сприймають краще, ніж високі.

В розвитку слуху у дітей велике значення має спілкування з дорослими. У дітей треба розвивати слух слуханням музики, навчанням гри на музичних інструментах, співом. Під час прогулянок треба привчати дітей слухати шум лісу, щебетання пташок, шерхіт листя, плескіт моря.

Для слуху дітей шкідливі надмірно сильні звуки. Це може привести до стійкого зниження слуху і навіть повної глухоти.

**Вестибулярний апарат.** Вестибулярний апарат міститься у внутрішньому вусі і складається з півколових каналів, які розташовані в трьох взаємно перпендикулярних площинах, і двох мішечків — овального і круглого, розташованих ближче до завитки (рис. 35). На внутрішній поверхні мішечків є волоскові клітини. Волоски знаходяться в драглистій масі, яка містить численні вапняні кристали — отоліти.

В розширеннях півколових каналів (ампулах) є по одному кістковому гребінцю серпоподібної форми. До нього безпосередньо прилягає перетинчастий лабіринт і скупчення двох родів клітин: опорних і чутливих, які мають волоски. Півколові канали заповнені ендолімфою.

Позражниками отолітового апарата є прискорення або уповільнення руху тіла, трясіння, хитання і нахил тіла або голови набік, які зумовлюють тиск отолітів на волоски рецепторних клітин. Подразником рецепторів півколових каналів є прискорений або уповільнений обертальний рух в будь-якій площині.



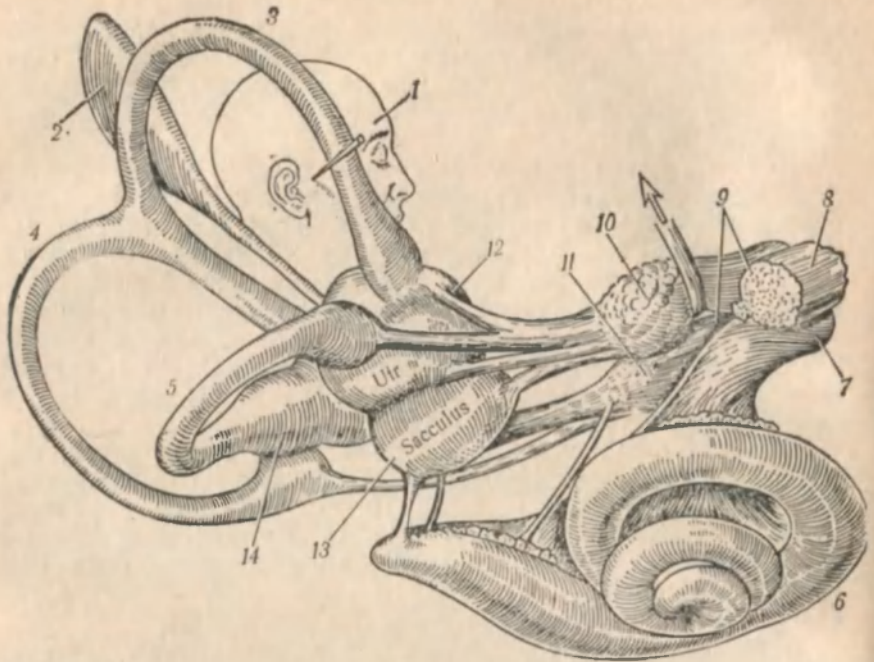


Рис. 35. Схема розташування вестибулярного і завіткового апаратів:

1 — напрям погляду спостерігача; 2 — ендолімфатичний простір; 3, 4, 5 — передній, задній і боковий півколові канали; 6 — завітка; 7 — завітковий нерв; 8 — лицевий нерв; 9 — вестибулярний вузол; 10 — верхній вестибулярний вузол; 11 — нижній вестибулярний вузол; 12 — маточка (овальний мішечок); 13 — мішечок; 14 — ампули півколових каналів.

Імпульси, які йдуть від отолітового апарата і півколових каналів, роблять можливим аналіз положення голови в просторі і змін швидкості і напрямку рухів.

Тонке відчуття положення тіла в просторі, розрізнення обертальних рухів потрібні льотчикам, космонавтам. Людина з пошкодженими каналами не може впевнено стояти і ходити. Якщо попросити хворого, який страждає від розладнання функції органів рівноваги, заплющити очі і пальцем торкнутися кінчиками свого носа, то він може промахнутися.

Посилене подразнення вестибулярного апарата супроводжується прискоренням або уповільненням скорочень серця, дихання, блюванням, посиленням потовиділенням. При підвищеній збудливості вестибулярного апарата в умовах морської качки настають ознаки «морської хвороби», які характеризуються переліченими вище вегетативними розладами. Аналогічні зміни спостерігаються при польотах, поїздках в поїзді і автомобілі.

Поступовим тренуванням на спеціальному кріслі, яке обертається, або розгойдуванні на спеціальній гойдалці можна підвищити витривалість вестибулярного апарата до подразнень.

## Фізіологія опорно-рухового апарата

### Значення опорно-рухового апарата

До системи органів руху відносять кістки (скелет), зв'язки, суглоби і м'язи. Кістки, зв'язки і суглоби є пасивними елементами органів руху. Активною частиною апарата руху є м'язи.

Система органів руху — єдине ціле: кожна частина і орган формуються і функціонують у постійному зв'язку і взаємодії одне з одним.

Скелет є опорою і захистом всього тіла і окремих органів, а багато кісток ще й сильними важелями, за допомогою яких здійснюються різноманітні рухи тіла і його частин у просторі. М'язи приводять у рух всю систему кісткових важелів. Скелет утворює структурну основу тіла і визначає значною мірою його розмір і форму. Такі частини скелета, як череп, грудна клітка і таз, хребетний стовп, є вмістилищем і захистом життєво важливих органів — мозку, легень, серця, кишок та ін.

Ще недавно вважалося, що роль скелета в організмі людини обмежується функцією опори тіла і участю в рухові. Звідси пішов термін «опорно-руховий апарат». Тепер встановлено, що функції скелета значно ширші. Скелет бере активну участь в обміні речовин, зокрема у підтриманні на певному рівні мінерального складу крові. Крім того, ряд речовин, які входять до складу кісток (кальцій, фосфор, лимонна кислота тощо), у разі потреби легко вступають в обмінні реакції.

Більшість м'язів прикріплюється до кісток. М'язи включають кістки скелета в рух і здійснюють роботу. Багато м'язів, оточуючи порожнини тіла, захищають внутрішні органи.

### Загальні відомості про скелет

**Форма кісток.** В організмі людини нараховується понад 200 кісток. У дорослої людини скелет становить близько 18% загальної маси тіла, у новонародженого — близько 14%. До складу скелета входять кістки різної величини і форми. За формою розрізняють кістки довгі, короткі, широкі і змішані.

Довгі кістки знаходяться в скелеті кінцівок. Короткі кістки розташовані в зап'ясті і передплесні, тобто там, де одночасно необхідні велика міцність і рухомість скелета.

Широкі, або плоскі, кістки утворюють стінки порожнин, в яких містяться внутрішні органи (тазова кістка, кістки мозкового черепа). Змішані кістки мають різну форму.

**З'єднання кісток.** Розрізняють нерухомі, малорухомі і рухомі з'єднання кісток, або суглоби.

Нерухоме з'єднання кісток досягається завдяки їхньому зростанню. Рухи при цьому надзвичайно обмежені або зовсім

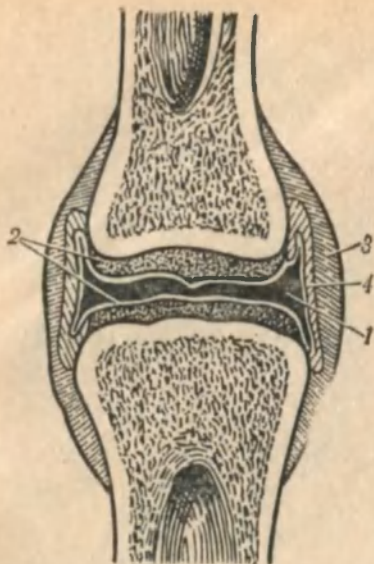


Рис. 36. Схема будови суглоба в розрізі.

1 — порожнина суглоба; 2 — суглобні поверхні, вкриті гіаліновим хрящем; 3 — фіброзний шар суглобної сумки; 4 — синовіальний шар суглобної сумки.

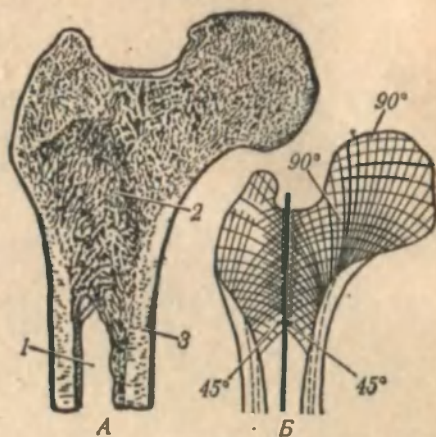


Рис. 37. Розпил стегнової кістки:

А — фронтальний розпил; Б — схема розташування перекладин у губчастій речовині; 1 — кістково-мозкова порожнина; 2 — губчаста речовина; 3 — компактна речовина.

відсутні. Нерухомість кісток мозкового черепа, наприклад, досягається тим, що численні виступи однієї кістки входять у відповідні заглибини іншої. Таке з'єднання кісток дістало назву шва.

Невелика рухомість досягається пружними хрящовими прокладками між кістками. Такі прокладки містяться між окремими хребцями. При скороченні м'язів ці прокладки стискаються і хрець зближуються. При ходьбі, бігові, стрибках хрящ діє як амортизатор, пом'якшуючи різні поштовхи і захищаючи тіло від струсу.

Рухомі з'єднання кісток зустрічаються частіше, вони забезпечуються справжніми суглобами (рис. 36). Кінці кісток, які зчленовуються, вкриті гіаліновим хрящем завтовшки 0,2..0,6 мм. Цей хрящ еластичний, має гладеньку блискучу поверхню, що значно зменшує тертя між кістками і тим самим полегшує їхній рух. Область зчленування кісток оточена суглобною сумкою (капсулою) із дуже щільної сполучної тканини. Зовнішній, фіброзний, шар капсули міцний і тривко з'єднує між собою кістки, які зчленовуються. Внутрішній шар капсули вкритий синовіальною оболонкою, яка вистеляє порожнину суглоба. Синовіальна рідина в порожнині суглоба діє як мастило і також сприяє зменшенню тертя. Зовні суглоб укріплений зв'язками.

**Будова кістки.** Кожна кістка — складний орган, який складається із кісткової тканини, надкісниць, кісткового мозку, кровоносних і лімфатичних судин і нервів.

Кістка, за винятком поверхонь, які з'єднуються, вкрита надкісницею. Це тонка сполучнотканинна оболонка, багата нервами і судинами, що проникають з неї в кістку крізь особливі отвори. До надкісниць прикріплюються зв'язки і м'язи. Внутрішній шар надкісниць складається з клітин, які ростуть і розмножуються, забезпечуючи ріст кістки в товщину, а при переломах — утворення кісткової мозолі.

Якщо розпилати трубчасту кістку вздовж довгастої осі, то можна побачити (рис. 37), що на поверхні розташована щільна, або компактна речовина, а під нею, в глибині, — трубчаста речовина. Товщина шару компактної речовини різна і залежить від навантаження, якого зазнає кістка.

Губчаста речовина утворена дуже тонкими кістковими перекладинами. Перекладини орієнтовані паралельно до ліній основних напружень, що дає змогу кістці витримувати великі навантаження.

Щільний шар кістки має пластинчасту будову, яка нагадує систему вставлених один в одний циліндрів. Це надає кістці міцності і легкості. Клітини кісткової тканини лежать між пластинками кісткової речовини. Кісткові пластинки — це міжклітинна речовина кісткової тканини.

Трубчаста кістка складається з тіла (діафізу) і двох кінців, або епіфізів. На епіфізах розташовані суглобні поверхні, вкриті хрящем, який бере участь в утворенні суглоба. На поверхні кісток розташовуються бугри, бугорки, борозни, гребені, отвори, де прикріплюються сухожилля м'язів або проходять судини й нерви.

**Хімічний склад кістки.** Висушена і знежирена кістка містить 80% органічних речовин, 60% мінеральних речовин, 10% становить вода. Серед органічних речовин кістки — волокнистий білок (колаген), вуглеводи і багато ферментів.

Мінеральні речовини кістки представлені солями кальцію, фосфору, магнію, виявлено багато мікроелементів (алюміній, фтор, марганець, свинець, стронцій, уран, кобальт, залізо, молібден та ін.). У дорослої людини в скелеті близько 1200 г кальцію, 530 г фосфору, 11 г магнію; 99% всього кальцію, який є в тілі людини, міститься в кістках.

Якщо вмістити кістку на кілька діб у розчин кислоти, то вона, зберігаючи свою форму, стає м'якою настільки, що її можна зав'язати у вузол, бо в ній немає солей кальцію. Кістка, прожарена на вогні, втрачає органічні речовини і стає крихкою.

У дітей в кістковій тканині переважають органічні речовини; їхній скелет гнучкий, еластичний, у зв'язку з чим легко деформується, викривляється при тривалому і важкому наван-

таженні і неправильних положеннях тіла. З віком вміст мінеральних речовин у кістках збільшується, від чого кістки стають крихкими і частіше ламаються.

Органічні і мінеральні речовини роблять кістку міцною, твердою і пружною. Крім того, міцність кістки забезпечується її структурою, розташуванням кісткових перекладин губчастої речовини відповідно до напрямку сил тиску і розтягнення. Кістка у 30 разів твердіша за цеглу і в 2,5 раза твердіша за граніт. Кістка міцніша, ніж дуб. За міцністю вона у 9 разів перевищує свинець і майже так само міцна, як чавун.

Стегнова кістка людини у вертикальному положенні витримує тиск вантажу до 1,5 т, а великогомілкова кістка — до 1,8 т.

**Ріст кісток.** В ембріональному періоді розвитку скелет закладається як сполучнотканинне утворення. Ще до народження дитини сполучна тканина замінюється хрящовою, після чого відбувається поступове руйнування хряща і утворення замість нього кісткової тканини. Процес окостеніння дуже тривалий, відбувається протягом всього періоду розвитку організму. В організмі, який росте, кінці довгих кісток — епіфізи тривалий час залишаються хрящовими.

Молоді кістки ростуть у довжину за рахунок хрящів, розташованих між їхніми кінцями і тілом. До моменту закінчення росту кісток хрящі заміщаються кістковою тканиною. За період росту в кістках дитини кількість води зменшується, а кількість мінеральних речовин збільшується. Вміст органічних речовин при цьому зменшується.

Розвиток скелета у чоловіків закінчується до 20...24 років. При цьому припиняється ріст кісток у довжину, а їхні хрящові частини замінюються кістковою тканиною. Розвиток скелета у жінок закінчується на 2...3 роки раніше.

### **Частини скелета**

**Скелет тулуба.** Скелет тулуба складається із хребетного стовпа і грудної клітки.

Хребетний стовп (рис. 38, А, Б) людини складається із 33...34 хребців. У ньому розрізняють відділи: шийний, який складається із 7 хребців, грудний — із 12 хребців, поперековий — із 5 хребців, крижовий — із 5 хребців і куприковий — із 4...5 хребців. У дорослої людини крижові хребці зростаються в одну кістку — крижі, а куприкові — в куприк.

Хребетний стовп займає близько 40% довжини тіла і є основним його стрижнем, опорою. Хребетні отвори всіх хребців утворюють хребетний канал, в якому міститься спинний мозок. До відростків хребців прикріплюються м'язи.

Між хребцями розташовані міжхребцеві диски із волокнистого хряща; вони сприяють рухомості хребетного стовпа. З віком змінюється висота дисків.

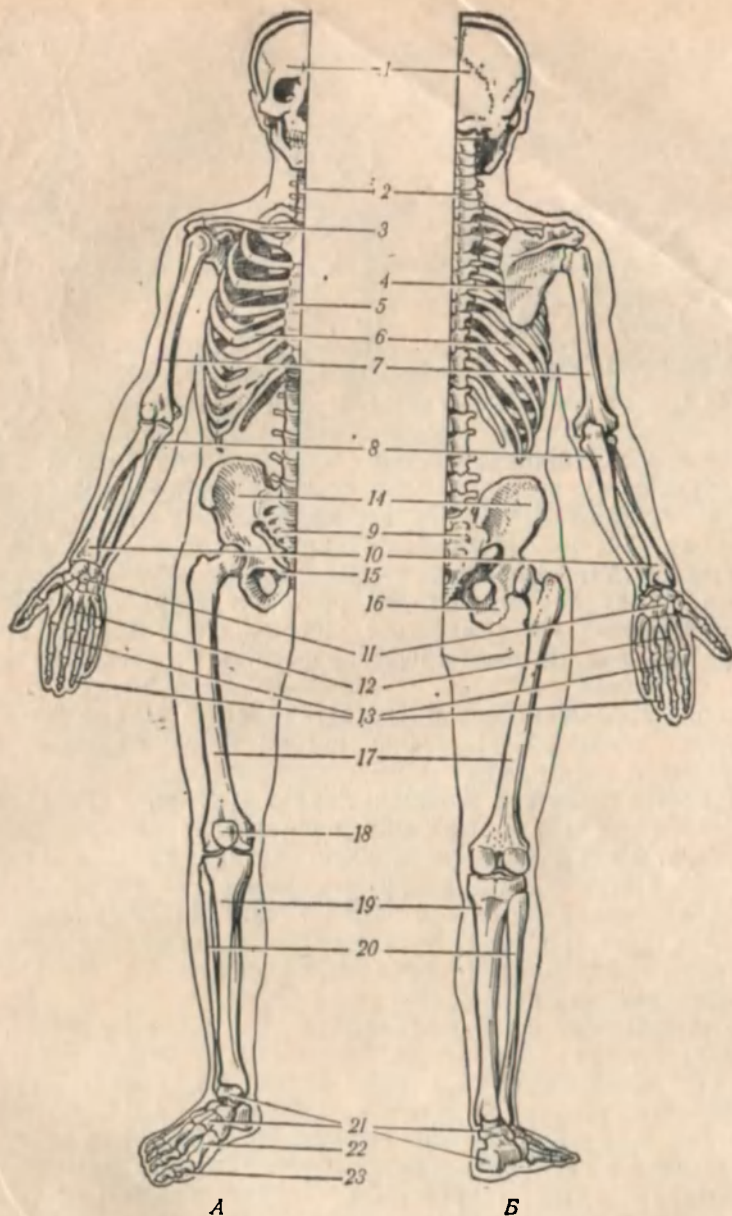


Рис. 38. Скелет людини спереду (А) і ззаду (Б):

1 — череп; 2 — хребетний стовп; 3 — ключиця; 4 — лопатка; 5 — грудина; 6 — ребра; 7 — плечова кістка; 8 — ліктьова кістка; 9 — крижі; 10 — променева кістка; 11 — зап'ястя; 12 — п'ясть; 13 — кістки пальців кисті; 14 — клубова кістка; 15 — лобкова кістка; 16 — сіднична кістка; 17 — стегнова кістка; 18 — надколінок; 19 — велика гомілкорова кістка; 20 — малогомілкорова кістка; 21 — передплюсно; 22 — плюсно; 23 — кістки пальців стопи.



Рис. 39. Поява вигинів хребта у зв'язку із сидінням і стоянням.

Процес окостеніння хребетного стовпа починається у внутрішньоутробному періоді. Після народження з'являються нові точки окостеніння. До 14 років окостенілими є тільки середні частини тіл хребців. Повне окостеніння окремих хребців закінчується до 21...23 років.

До 1,5 року хребетний стовп росте рівномірно, від 1,5 до 3 років відносно уповільнюється ріст шийних і верхніх грудних хребців, а в 10 років енергійно ростуть поперекові та нижні грудні хребці.

У новонародженої дитини хребетний стовп майже прямий, характерні для дорослої людини вигини тільки намічаються і розвиваються поступово.

Першим з'являється шийний лордоз (вигин, спрямований опуклістю вперед) у 6...7 тижнів, коли дитина починає тримати голівку. До шести місяців, коли дитина починає сидіти, утворюється грудний кіфоз (вигин, спрямований опуклістю назад). Коли дитина починає стояти і ходити, утворюється поперековий лордоз (рис. 39). З утворенням поперекового лордоза центр ваги переміщується назад, перешкоджаючи падінню тіла при вертикальному положенні.

До року є вже всі вигини хребта. Але утворені вигини не фіксовані і зникають при розслабленні мускулатури. До семи років уже чітко виражені шийний і грудний вигини, фіксація поперекового вигину відбувається пізніше (в 12...14 років).

Вигини хребетного стовпа становлять специфічну особливість людини і виникли у зв'язку з вертикальним положенням тіла. Завдяки вигинам хребетний стовп пружинить. Удари і поштовхи, які мають місце при ходьбі, бігові, стрибках, послаблюються і затухають, що запобігає струсам мозку.

Викривлення хребетного стовпа вбік (сколіоз) нерідко розвивається у дітей із слабким фізичним розвитком, в результаті тривалого сидіння за столом або партою, при неправильній по-

садці, особливо при письмі, при невідповідності розмірів меблів пропорціям тіла школярів.

При боковому викривленні хребта виникає також обертання його навколо вертикальної осі (скручування). Слідом за викривленням грудного відділу хребта відбувається скручування з'єднаних з хребтом ребер. Це веде до деформації грудної клітки.

Треба враховувати, що спочатку сколіоз має характер нестійкого дефекту постави, і якщо своєчасно звернути увагу дитини, то цей дефект легко коригується самою дитиною. Якщо вчасно не звернути уваги на цей дефект, то дефект постави залишається у дитини постійно, що приводить до змін у м'язах і зв'язках тулуба, а потім і кістковій частині хребетного стовпа.

**Грудна клітка.** Грудна клітка утворює кісткову основу грудної порожнини. Складається із грудини, 12 пар ребер, з'єднаних ззаду з хребетним стовпом. Грудна клітка захищає серце, легені, печінку і є місцем прикріплення дихальних м'язів і м'язів верхніх кінцівок.

Грудина — плоска непарна кістка, яка складається із рукоятки (верхня частина), тіла (середня частина) і мечоподібного відростка. Між цими частинами містяться хрящові прошарки, які до 30 років окостенівають. Зростання частин грудини відбувається поступово: нижні зростаються в 15...16 років, а верхні — тільки у 21...25 років. Окостеніння мечоподібного відростка закінчується до 30 років.

У перші роки життя грудна клітка стиснута з боків і має форму конуса, її передньозадній розмір більший за поперечний. У зв'язку із посиленням ростом ребер, розвитком легень грудна клітка поступово розширюється, і в 12...13 років вона набуває такої самої форми, як і в дорослої людини. У дорослої людини грудна клітка широка, з переважаючим поперечним розміром, що пов'язано з вертикальним положенням тіла, при якому нутрощі давлять своєю масою в напрямку, паралельному грудині.

Форма грудної клітки змінюється. Під впливом фізичних вправ вона може стати ширшою і більш об'ємною. При тривалій неправильній посадці, коли дитина опирається грудьми на край столу або кришку парти, може статися деформація грудної клітки, що порушує розвиток серця, великих судин і легень.

**Скелет кінцівок.** У верхній частині спини розташовані дві плоскі трикутної форми кістки — лопатки; вони зв'язані з хребетним стовпом і ребрами за допомогою м'язів. Кожна лопатка з'єднується з ключицею, а остання, в свою чергу, з грудиною і ребрами. Лопатки і ключиці утворюють пояс верхніх кінцівок.

Скелет вільної верхньої кінцівки утворений плечовою кісткою, рухомо з'єднаною з лопаткою, передпліччям, що складається із променевої і ліктьової кісток, і кісток кисті. До





Рис. 40. Відбитки нормальної (1, 2, 3) і плоскої (4) стопи.

значно пізніше (в 10...13 років). На цей час закінчується окостеніння фаланг пальців. У зв'язку з цим швидке (вільне) письмо дітям молодших класів не вдається.

Особливе значення у людини має I палець у зв'язку із трудовою функцією. Йому властива велика рухливість, він протиставлений решті пальців.

Постійні фізіологічні навантаження або гра на музичних інструментах з раннього віку затримують процес окостеніння фаланг пальців, в результаті вони стають довші («пальці музиканта»).

Пояс нижніх кінцівок складається з крижів і рухомо з'єднаних з ними двох тазових кісток. Тазові кістки у новонародженого складаються кожна із трьох кісток, зрощення яких починається у дітей з 5...6 років, і приблизно до 17...18 років вони вже зрощені. В підлітковому віці відбувається поступове зростання крижових хребців у єдину кістку — крижі. У дівчаток при різких стрибках з великої висота, при носінні взуття на високих підборах незростлі кістки таза можуть зміститися, що приведе до неправильного зрощення їх і, як наслідок, звуження виходу із порожнини малого таза, що може пізніше дуже утруднити проходження плода під час пологів.

Після дев'яти років виявляються відмінності у формі таза у хлопчиків і дівчаток: у хлопчиків таз вищий і вужчий, ніж у дівчаток.

Тазові кістки мають круглі западини, куди входять головки стегнових кісток ніг.

Скелет вільної нижньої кінцівки складається із стегнової кістки, двох кісток гомілки — великогомілкової і малогомілкової і кісток стопи. Стопа утворена кістками передплесна, плесна і фалангів пальців стопи.

Стегнова кістка — найбільша і найдовша трубчаста кістка людини.

Стопа людини утворює склепіння, яке ґрунтується на п'ятково-кісткову кістку і на передні кінці кісток плесна. Розрізняють поздовжнє і поперечне склепіння стопи. Поздовжнє, пружне склепіння стопи властиве тільки людині, і його формування

складу кисті входять дрібні кістки зап'ястя, п'ять довгих кісток п'ясті і кістки пальців кисті.

Кістки зап'ястя утворюють склепіння, повернене угнутістю до долоні. У новонародженого вони тільки намічаються; далі вони поступово розвиваються, і їх стає добре видно тільки близько семи років, а процес їх окостеніння закінчується

пов'язане з прямоходінням. По склепінню стопи рівномірно розподіляється маса тіла, що має велике значення при перенесенні важких речей. Склепіння діє як пружина, пом'якшуючи поштовхи тіла під час ходьби.

У новонародженої дитини склепінчастість стопи не виражена, вона формується пізніше, коли дитина починає ходити.

Склеписте розташування кісток стопи підтримується великою кількістю міцних суглобних зв'язок. При тривалому стоянні і сидінні, перенесенні великих вантажів, при носінні вузького взуття зв'язки розтягуються, що приводить до сплюснення стопи. І тоді кажуть, що розвинулася плоскостопість (рис. 40). Захворювання рахітом також може сприяти розвитку плоскостопості.

Несприятливо позначається на стані стопи постійне перебування дітей у приміщенні в утепленому і валяному взутті (тобто м'якому), бо це розслаблює м'язи стопи.

При плоскостопості порушується постава, через погіршення кровопостачання швидко настає втома нижніх кінцівок, яка часто супроводжується ломотою, болем, а інколи і судомами.

Для профілактики плоскостопості рекомендують ходити босоніж по нерівній поверхні, по піску, що сприяє зміцненню склепіння стопи. Вправи для м'язів ніг, особливо для м'язів стопи, ходьба навшпиньках, стрибки в довжину і висоту, біг, гра у футбол, волейбол і баскетбол, плавання запобігають розвитку плоскостопості.

**Череп.** Череп — скелет голови. Розрізняють два відділи черепа: мозковий, або черепну коробку, і лицьовий, або кістки обличчя. Мозковий череп є вмістилищем великого мозку.

До складу мозкового відділу черепа входять непарні кістки (потилична, клинцювата, лобова, гратчаста) і парні (тім'яні і скроневі). Клинцювата і гратчаста кістки розташовані на межі мозкового і лицьового відділів. Всі кістки мозкового черепа з'єднані нерухомо. Всередині скроневої кістки є переддверно-завитковий орган, до нього веде широкий слуховий отвір. Через великий отвір потиличної кістки порожнина черепа з'єднується з вертебральним каналом.

У лицьовому відділі черепа більшість кісток парні: верхньощелепні, носові, слізні, виличні, піднебінні і нижні носові раковини. Непарних кісток три: леміш, нижня щелепа і



Рис. 41. Череп новонародженого:

А — збоку; Б — зверху; 1 — лобове; 2 — потиличне; 3 — задні бокові; 4 — передні боковітім'ячка.

під'язикова кістка. Нижня щелепа — єдина рухома кістка в черепі.

У дітей в ранньому віці мозкова частина черепа більше розвинута, ніж лицьова. Найсильніше кістки черепа ростуть протягом першого року життя. З віком, особливо з 13...14 років, лицьовий відділ росте енергійніше і починає переважати над мозковим. У новонародженого об'єм мозкового черепа у 8 разів більший лицьового, а у дорослого в 2...2,5 раза.

У новонародженого черепні кістки з'єднані одна з одною м'якою сполучнотканинною перетинкою. Ця перетинка особливо велика там, де сходиться кілька кісток. Це — тім'ячка (рис. 41). Тім'ячка розташовуються по кутах обох тім'яних кісток, утворюючи непарні лобове і потиличне і парні передні бокові і задні бокові тім'ячка. Завдяки тім'ячкам кістки даху черепа можуть заходити своїми краями одна за одну. Це має велике значення при проходженні головки плода родовими шляхами.

Малі тім'ячка заростають до 2...3 місяців, а найбільше — лобове — легко прощупується і заростає лише до півтора року.

### **М'язова система**

**Загальні відомості про м'язи.** В організмі людини нараховується близько 600 скелетних м'язів. М'язова система становить значну частину загальної маси тіла людини. Якщо у новонароджених маса всіх м'язів становить 23% маси тіла, а в 8 років — 27%, то в 17...18 років вона досягає 43...44%, а у спортсменів з добре розвинутою мускулатурою — навіть 50%.

Окремі м'язові групи ростуть нерівномірно. У немовлят насамперед розвиваються м'язи живота, пізніше — жувальні. На кінець першого року життя у зв'язку із повзанням і початком ходіння помітно ростуть м'язи спини і кінцівок. За весь період росту дитини маса мускулатури збільшується в 35 разів. У період статевого дозрівання (12...16 років) поряд із подовженням трубчастих кісток подовжуються інтенсивно і сухожилля м'язів. М'язи в цей час стають довгими і тонкими, а підлітки мають вигляд довгоногих і довгоруких. В 15...18 років відбувається дальший ріст поперечника м'язів. Розвиток м'язів триває до 25...30 років.

М'язи дитини блідіші, ніжніші і еластичніші, ніж м'язи дорослої людини.

**Будова м'язів.** У м'язові розрізняють середню частину — черевце, яке складається із м'язової тканини, і сухожилля, утворене щільною сполучною тканиною. За допомогою сухожиллів м'язи прикріплюються до кісток, проте деякі м'язи можуть прикріплюватися і до різних органів (очного яблука), до шкіри (м'язи обличчя і шиї) тощо. У м'язах новонародженого сухо-

жилля розвинуті слабо. Лише до 12...14 років встановлюються ті м'язово-сухожильні відношення, які характерні для м'язів дорослого. Кожний м'яз складається з великої кількості поперечносмугастих м'язових волокон (рис. 42), розташованих паралельно і з'єднаних між собою прошарками пухкої сполучної тканини в пучки. Весь м'яз зовні вкритий тонкою сполучною оболонкою — фасцією. М'язові волокна складаються із саркоплазми, в якій розташовуються скоротливі нитки — міофібрили, а також мітохондрії та інші органоїди клітини.

М'язи багаті на кровоносні судини, по яких кров приносить до них поживні речовини і кисень, а виносить продукти обміну. Є у м'язах і лімфатичні судини.

У м'язах розташовані нервові закінчення — рецептори, які спричиняють ступінь скорочення і розтягнення м'яза.

Форма і величина м'язів залежать від виконуваної ними роботи. Розрізняють м'язи довгі, широкі, короткі і колові. Довгі м'язи розташовуються на кінцівках, короткі — там, де розмах руху малий (наприклад, між хребцями). Широкі м'язи розташовуються переважно на тулубі, у стінках порожнин тіла (м'язи живота, спини, грудей). Колові м'язи розташовуються навколо отворів тіла і при скороченні звужують їх. Такі м'язи називають сфінктерами.

За функцією розрізняють м'язи — згиначі, розгиначі, м'язи, які приводять і відводять, а також м'язи, які обертають всередину і назовні.

**Основні групи м'язів людського тіла.** До м'язів тулуба належать м'язи грудної клітки, живота і спини.

М'язи, які розташовуються між ребрами, — міжреберні, а також інші м'язи грудної клітки беруть участь у функції дихання, їх називають дихальними. До них належить також діафрагма (вона відділяє грудну порожнину від черевної).

Сильно розвинуті м'язи грудей приводять у рух і укріплюють на тулубі верхні кінцівки (великий і малий грудні, передній зубчастий м'язи).

М'язи живота виконують різні функції. Вони утворюють стінку черевної порожнини і завдяки своєму тону утримують

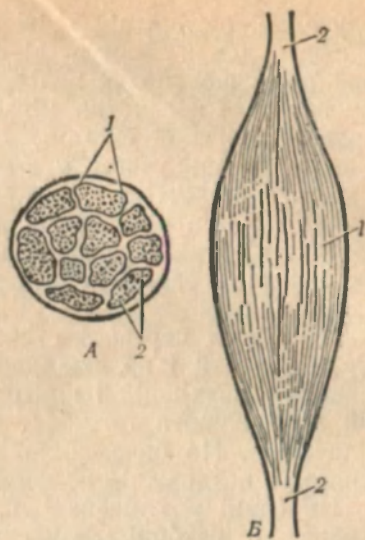


Рис. 42. Будова м'яза:

А — м'яз на поперечному розрізі; 1 — пучок м'язових волокон; 2 — окремі м'язові волокна; Б — загальний вигляд скелетного м'яза; 1 — черевце; 2 — сухожилля.

внутрішні органи від зміщення, опускання, випадання. Скоро-чуючись, м'язи живота діють на внутрішні органи як черев-ний прес, що сприяє виділенню сечі, калу, а також пологово-му актові. Скорочення м'язів черевного пресу сприяє рухові крові у венозній системі, здійсненню дихальних рухів. М'язи живота беруть участь у згинанні хребетного стовпа вперед.

При слабкості м'язів живота може статися не тільки опу-щення органів черевної порожнини, а й утворення гриж. При грижах відбувається вихід внутрішніх органів — кишок, шлун-ка, великого сальника із черевної порожнини під шкіру жи-вота.

До м'язів черевної стінки належать прямий м'яз живота, пірамідальний м'яз, квадратний м'яз попереку і широкі м'язи живота — зовнішній і внутрішній косі і поперечний. По серед-ній лінії живота тягнеться компактний сухожильний тяж. Це біла лінія. По боках білої лінії розташовується прямий м'яз живота з поздовжнім напрямком волокна.

На спині розташовані численні м'язи вздовж хребетного стовпа. Це глибокі м'язи спини. Вони прикріплюються голов-ним чином до відростків хребців. Ці м'язи беруть участь у ру-хах хребетного стовпа назад і вбік. До поверхневих м'язів спини належать трапецієподібний м'яз і найширший м'яз спи-ни. Вони беруть участь у рухах верхніх кінцівок і грудної клітки.

Серед м'язів голови розрізняють жувальні м'язи і мімічні. До жувальних м'язів належать скроневий, жувальний, крило-подібні. Завдяки скороченням цих м'язів відбуваються складні жувальні рухи нижньої щелепи. Мімічні м'язи одним, а інколи і двома своїми кінцями прикріплюються до шкіри обличчя. При скороченні вони зміщують шкіру, зумовлюючи відповідну міміку, тобто той або інший вираз обличчя. Колові м'язи ока і рота також належать до мімічних м'язів.

М'язи шиї закидають голову, нахиляють і повертають її. Дабинчасті м'язи піднімають ребра, беручи участь у вдихові. М'язи, прикріплені до під'язичної кістки, при скороченні змі-нюють положення язика і гортані при ковтанні і вимовлянні різних звуків.

Пояс верхніх кінцівок з'єднується з тулубом лише в обла-сті грудинно-ключичного суглоба. Укріплений пояс верхніх кінцівок м'язами тулуба (трапецієподібний, малий грудний, ромбоподібний, передній зубчастий і м'яз, який піднімає лоб-патку).

М'язи пояса кінцівок приводять у рух верхню кінцівку в плечовому суглобі. При скороченні цей м'яз згинає руку в плечовому суглобі і відводить руки до горизонтального поло-ження.

В області плеча попереду розташована група м'язів — зги-

начів, ззаду — розгиначів. Серед м'язів передньої групи — двоголовий м'яз плеча, задньої — триголовий м'яз плеча.

М'язи передпліччя на передній поверхні представлені згиначами, на задній розгиначами.

Серед м'язів кисті — довгий долонний м'яз, згиначі пальців.

М'язи, які розташовані в області пояса нижніх кінцівок, приводять у рух ногу в кульшовому суглобі, а також хребетний стовп. У передню групу м'язів входить один великий м'яз — клубовопоперековий. Серед задньозовнішньої групи м'язів тазового пояса — великий, середній і малий сідничний м'язи.

Ноги мають масивніший скелет, ніж руки, їхня мускулатура має більшу силу, але разом з тим меншу різноманітність і обмежений розмах рухів.

На стегні спереду розташований найдовший у людському тілі (до 50 см) кравецький м'яз. Він згинає ногу в кульшовому і колінному суглобах. Чотириголовий м'яз стегна лежить глибше кравецького м'яза, облягаючи стегнову кістку майже з усіх боків. Основна функція цього м'яза — розгинання колінного суглоба. При стоянні чотириголовий м'яз не дає колінному суглобові згинатися.

На задній поверхні гомілки є литковий м'яз, який згинає гомілку, згинає і трохи повертає назовні стопу.

**Скоротність як основна властивість м'язів.** Основними фізіологічними властивостями м'язів є збудливість, провідність і скоротність. Скоротність м'язів виявляється або в укороченні м'яза, або в розвитку напруження. В умовах експерименту у відповідь на поодинокі подразнення м'яз відповідає поодиноким скороченням. В організмі людини і тварин м'язи одержують із центральної нервової системи не поодинокі імпульси, а серію імпульсів, в результаті чого м'яз відповідає сильним і тривалим скороченням. Таке скорочення м'язів називають тетанічним, або тетанусом.

Скорочуючись, м'язи виконують роботу. Робота м'язів залежить від їхньої сили. М'яз тим сильніший, чим більше в ньому м'язових волокон, тобто чим він товщий. При перерахунку на 1 см<sup>2</sup> поперечного перерізу м'яз здатний підняти вантаж до 10 кг.

Сила м'язів залежить і від особливостей прикріплення їх до кісток. Кістка разом з м'язами, які прикріплюються до них, є своєрідними важелями, і м'яз може розвивати тим більшу силу, чим далі від точки опори важеля і ближче до точки прикладення сили ваги він прикріплюється.

Людина може тривалий час зберігати ту саму позу. Це статичне напруження м'язів. До статичних зусиль належить стояння, тримання голови у вертикальному положенні та ін.

При статичному зусиллі м'яз перебуває у стані напруження. При деяких вправах на кільцях, паралельних брусах, при утриманні піднятої штанги статична робота вимагає одночасного скорочення майже всіх м'язових волокон і, природно, може бути дуже недовга через втому, яка розвивається.

При динамічній роботі по черзі скорочуються різні групи м'язів. М'язи, які виконують динамічну роботу, швидко скорочуються і, працюючи з великим напруженням, швидко втомлюються. Але звичайно різні групи м'язових волокон при динамічній роботі скорочуються по черзі, що дає можливість м'язові діяти тривалий час. Нервова система, керуючи роботою м'язів, пристосовує їхню роботу до поточних потреб організму. Це дає їм змогу працювати економно, з високим коефіцієнтом корисної дії.

Для кожного виду м'язової діяльності можна підібрати деякий середній (оптимальний) ритм і величину навантаження, при яких робота стане максимальною, а втома розвиватиметься поступово.

Робота м'язів — необхідна умова їхнього існування. Тривала бездіяльність м'язів веде до їхньої атрофії і втрати ними працездатності. Тренування, тобто систематична, ненадмірна робота м'язів, сприяє збільшенню їхнього об'єму, зростанню сили і працездатності, що важливо для фізичного розвитку всього організму.

**М'язовий тонус.** М'язи людини навіть у стані спокою трохи скорочені. Цей стан тривало утримуваного напруження називають тонусом м'язів. Під час сну, при наркозі тонус м'язів трохи знижується, тіло розслаблюється. Повністю зникає м'язовий тонус тільки після смерті. Тонічні скорочення м'язів не супроводжуються втомою, завдяки їм внутрішні органи утримуються в нормальному стані. Величина тонусу м'язів залежить від функціонального стану центральної нервової системи.

Тонус скелетних м'язів пов'язаний із надходженням до м'яза нервових імпульсів із рухових нейронів спинного мозку, які йдуть один за одним з великим інтервалом. Активність цих нейронів підтримується імпульсами із розташованих вище відділів центральної нервової системи, а також від рецепторів, що містяться в самих м'язах (пропріорецепторів). Тонус м'язів відіграє важливу роль у здійсненні координації рухів. У новонароджених дітей переважає тонус згиначів руки; у дітей 1...2 місяців переважає тонус м'язів-розгиначів, у дітей 3...5 місяців спостерігається рівновага тонусу м'язів-антагоністів. Підвищений тонус м'язів у новонароджених дітей і в перші місяці їхнього життя пов'язують із підвищеною збудливістю червоних ядер середнього мозку. В міру функціонального дозрівання пірамідної системи і кори великого мозку тонус м'язів знижується.

Підвищений тонус м'язів ніг новонародженого у другому півріччі життя дитини поступово знижується, що є необхідною передумовою для розвитку ходьби.

**Втома.** Після тривалої, а також під час напруженої роботи відбувається зниження працездатності м'язів, яка відновлюється після відпочинку. Це фізична втома. При різко вираженій втомі розвивається тривале укорочення м'язів, нездатність їх до повного розслаблення (контрактура).

Розвиток втоми пов'язаний передусім із змінами, які відбуваються у нервовій системі, порушенням проведення нервових імпульсів у синапсах. При втомі вичерпуються запаси хімічних речовин, які є джерелом енергії скорочення, накопичуються продукти обміну (молочна кислота та ін.).

Швидкість настання втоми залежить від стану нервової системи, частоти ритму, в якому виконується робота, і від величини навантаження. Втома може бути зумовлена несприятливою обстановкою. Нецікава робота швидше спричинює настання втоми.

Чим молодша дитина, тим швидше вона втомлюється. У грудному віці втома настає уже через 1,5...2 год неспання. Діти втомлюються при нерухомості, при тривалому гальмуванні рухів.

Фізична втома — нормальне фізіологічне явище. Після відпочинку працездатність не тільки відновлюється, а й часто перевищує початковий рівень. Вперше І. М. Сеченов у 1903 р. довів, що відновлення працездатності втомлених м'язів правої руки відбувається значно швидше, якщо в період відпочинку виконувати роботу лівою рукою. На відміну від простого спокою такий відпочинок І. М. Сеченов назвав активним.

Чергування розумової і фізичної праці, динамічні фізкультурні паузи до занять і під час уроків на перервах сприяють підвищенню працездатності учнів.

**Розвиток рухів у дітей.** У новонародженої дитини спостерігаються безладні рухи кінцівок, тулуба і голови. Координовані ритмічні згинання, розгинання, приведення і відведення змінюються аритмічними, некоординованими, ізольованими рухами.

Рухова діяльність дітей формується за механізмом тимчасових зв'язків. Важливу роль у формуванні цих зв'язків відіграє взаємодія рухового аналізатора з іншими аналізаторами (зоровим, тактильним, вестибулярним).

Наростання тонузу потиличних м'язів дає змогу дитині 1,5...2 місяців, покладеній на живіт, піднімати голову. В 2,5...3 місяці розвиваються рухи рук у напрямку до предмета, який дитина бачить. У 4 місяці дитина повертається із спини на бік, а в 5 місяців перекидається на живіт і з живота на спину. У віці від 3 до 6 місяців дитина готується до повзання: лежачи на животі все вище підіймає голову і верхню частину



тулуба, і близько 8 місяців вона може проповзати досить значні відстані.

У віці від 6 до 8 місяців завдяки розвиткові м'язів тулуба і таза дитина починає сідати, вставати, стояти і опускатися, притримуючись руками за опору.

На кінець першого року дитина вільно стоїть і, як правило, починає ходити. Але і в цей період кроки дитини короткі, нерівномірні, положення тіла нестійке. Намагаючись зберегти рівновагу, дитина балансує руками, широко ставить ноги. Поступово довжина кроку збільшується. До чотирьох років вона досягає 40 см, але кроки все ще нерівномірні. Від 8 до 15 років довжина кроку продовжує збільшуватися, а темп ходьби знижуватися.

У віці 4...5 років у зв'язку із розвитком м'язових груп і удосконалюванням координації рухів дітям доступні складніші рухові акти: біг, плигання, катання на ковзанах, гімнастичні вправи. В цьому віці діти можуть малювати, грати на музичних інструментах.

З віком збільшується швидкість бігу, аж до 13-річного віку. Зниження витривалості в швидкісному бігові у 14...15-річних підлітків, мабуть, пов'язане із періодом статевого дозрівання.

З ростом дитини розвивається і такий рух, як стрибок. Діти раннього віку при підплигуванні не відривають ніг від ґрунту, і їхні рухи зводяться до присідань і випростувань тіла. З трьох років дитина починає підплигувати на місці, злегка відриваючи ноги від землі. Лише з 6...7 років спостерігається координація нижніх кінцівок при стрибку. Поряд із удосконаленням координації рухів при здійсненні стрибка зростає його дальність. Дальність стрибка в довжину з місяця зростає у хлопчиків до 13 років, у дівчаток — до 12...13 років. Після 13 років різниця у стрибках у довжину, залежно від статі, стає яскраво виражена, а при стрибках у висоту ця різниця виявляється уже з 11 років.

Без навчання і тренування самі собою ніколи не виникнуть такі навички і вміння, як ходьба, біг, стрибки, кидання, плавання, танцювальні рухи, вертикальні робочі пози, не кажучи вже про високе мистецтво керування рухами, що досягаються в результаті занять такими видами спорту, як художня гімнастика, фігурне катання на ковзанах, стрибки з трампліна, водне поло, баскетбол та ін.

У працях Інституту фізіології дітей і підлітків АПН СРСР показано, що вже з перших років життя рухи дитини набувають істотного значення у функціонуванні мови. Доведено, що формування слів особливо успішно відбувається при взаємодії з руховим аналізатором.

Функція фізичного виховання, яка полягає в зміцненні здоров'я і фізичному удосконаленні дітей, істотно позначається і

на розвитку таких процесів, як мислення, увага і пам'ять. Ця функція має не просто біологічне значення. Розширюються можливості людини у сприйнятті, переробленні і використанні інформації, засвоєнні знань, у різнобічному вивченні оточуючої природи і самої себе.

Фізичні вправи хоч і провідний, але не єдиний фактор, який впливає на організм у складному процесі фізичного виховання. Треба пам'ятати і про загальний раціональний режим, правильну організацію харчування, сну. Не менш істотне значення має загартовування тощо.

Фізичні вправи удосконалюють не тільки м'язову систему, а й вегетативні функції (дихання, кровообіг та ін.), без яких неможливе виконання м'язової роботи. Стимулююча дія вправ позначається на функціях центральної нервової системи.

Нині вікова фізіологія нагромадила великий фактичний матеріал про вікові закономірності розвитку моторики дітей і підлітків.

Досягнення наук про людину дали змогу виділити характерні періоди сприйнятливості дітей до навчання тим чи іншим руховим діям і етапи формування окремих сторін рухової функції. Є переконливі підстави вважати, що реакція — відповідь дитячого організму на тренувальне фізичне навантаження відмінна в різні періоди росту і розвитку, і вона дає великий ефект, який довго зберігається в певні періоди; деякі автори називають їх критичними, або чутливими (З. Кузнецова та ін.). Найістотніші зміни рухової функції відбуваються в молодшому шкільному віці (8...12 років).

Морфологічні дані свідчать про те, що нервові структури рухового апарата дитини (спинний мозок, провідні шляхи) дозрівають на найраніших етапах онтогенезу. Що ж стосується центральних структур рухового аналізатора, то морфологічне дозрівання їх відбувається у віці від 7 до 12 років.

Цікаво, що до цього ж віку досягають повного розвитку чутливі і рухові закінчення м'язового апарата. Розвиток самих м'язів і їх ріст триває до 25...30 років. Цим і пояснюється те, що абсолютна сила м'язів також підвищується з віком до 25...30 років.

Тепер можна впевнено сказати, що головні завдання шкільного фізичного виховання треба встигнути як можна повніше вирішити за перші 8 років навчання дітей у школі, інакше ми «запізнимося», пропустимо найпродуктивніші вікові періоди для розвитку рухових можливостей дітей.

Дослідження показують, що школярі 7...11 років мають порівняно низькі показники м'язової сили. Силкові і особливо статичні вправи швидко спричиняють у них втоми. Діти цього віку більше пристосовані до короткочасних швидко-силових вправ динамічного характеру.

Проте молодших школярів треба поступово привчати до збереження статичних поз. Особливе значення статичні вправи мають для вироблення і збереження правильної постави.

Найінтенсивніший період приросту м'язової сили у хлопчиків припадає на 14...17 років, а у дівчаток трохи раніше.

Відмінності в показниках м'язової сили у хлопчиків і дівчаток більше виявляються з 11...12 років.

Максимальний приріст відносної сили, тобто сили на кілограм маси, спостерігається до 13...14 років. Причому до цього віку показники відносної сили м'язів дівчаток значно поступаються відповідним показникам хлопчиків. Тому в заняттях з дівчатками-підлітками і старшими треба особливо суворо дозувати інтенсивність і тяжкість вправ.

Що ж стосується іншої рухової якості — витривалості, то спостереження свідчать про ще невисоку витривалість дітей 7...11 років до динамічної роботи. З 11...12 років хлопчики і дівчатка стають витриваліші. Дослідження показують, що добрим засобом розвитку витривалості є ходьба, повільний біг, пересування на лижах.

До 14 років м'язова витривалість дорівнює 50...70%, а до 16 років — близько 80% витривалості дорослої людини. Становить інтерес і те, що між витривалістю до статичних навантажень і м'язовою силою взаємозв'язку нема. Разом з тим рівень витривалості залежить, наприклад, від ступеня статевого дозрівання.

Підлітковий вік — це найважливіший період, коли за допомогою засобів фізичного виховання можна значно підняти рівень рухових якостей. Проте біологічні перебудови організму, пов'язані з періодом статевого дозрівання, потребують від педагога виняткової уваги до планування фізичних навантажень. За рахунок інтенсивного розвитку в 7...11 років, швидкоти рухів (частоти, швидкості рухів, часу реакції тощо) в підлітковому віці школярі дуже добре адаптуються до швидкісних навантажень і можуть показувати чудові результати з бігу, плавання, тобто там, де швидкість рухів має провідне значення. В свою чергу молодші учні мають всі морфофункціональні передумови для розвитку такої якості, як гнучкість. Велика рухомість хребетного стовпа, висока еластичність зв'язкового апарата зумовлюють високий приріст гнучкості в 7...10 років. У 13...15 років цей показник досягає максимуму.

В 7...10 років високими темпами розвивається спритність рухів.

Незважаючи на відносну недосконалість механізмів регуляції рухів у маленьких дітей, вони уже в дошкільному віці успішно оволодівають основними елементами таких складних дій, як плавання, катання на ковзанах, їзда на велосипеді тощо, проте діти-дошкільники і молодші школярі значно важче засвоюють навички, пов'язані з точністю рухів рук, точністю відтворення

заданих зусиль. Ці параметри досягають відносно високого рівня розвитку до підліткового віку.

До 12...14 років відбувається підвищення влучності кидків, попадання в ціль, точності стрибків. Проте деякі спостереження показують погіршення координації рухів у підлітків, що пов'язується з морфофункціональною перебудовою в період статевого дозрівання.

І все ж таки є підстави вважати, що підлітковий вік має великі потенціальні можливості для вдосконалення рухового апарата. Це підтверджують чудові приклади досягнень підлітків у таких видах спорту, як художня і спортивна гімнастика, фігурне катання, а також у балеті, танцях, де ми спостерігаємо надзвичайно високі прояви координації рухів.

При організації фізичного виховання в старших класах треба враховувати, що процес формування організму в 16...17-річних школярів ще не завершився. Тому для юнаків і дівчат, які не займаються систематично спортом, треба дозувати навантаження, пов'язані з виявленням максимальної сили і витривалості. Ці та інші факти, які свідчать про гетерохронний розвиток рухових якостей, слід враховувати в практиці фізичного виховання і прагнути, якщо дозволяють вікові можливості, до гармонійного розвитку різних сторін моторики дитини, підлітка і юнака.

Розвиток моторики варіює в дуже широких межах у дітей того самого віку. Ось чому фізичне виховання повинне ґрунтуватися на врахуванні функціональних можливостей кожної людини. Разом з тим, як уже зазначалося, слід враховувати і вікові можливості. Дитину треба навчати вмінь і навичок, яких вона ще не досягла, але для досягнення яких уже є морфофункціональні передумови.

Іншою, не менш важливою проблемою є нормування обсягу рухової активності на різних етапах онтогенезу.

Природно, що чим більше рухів робить дитина щоденно, тим більше умов існує для розвитку її рухових функцій. Дитина дошкільного віку перебуває в русі, як ми знаємо, майже безперервно, за винятком періодів, які відводяться на сон та їду.

У зв'язку із вступом до школи рухова активність дітей скорочується вдвоє. За рахунок самостійної рухової активності учні I—III класів реалізують уже тільки 50% оптимальної кількості рухів. Істотного значення у цьому віці набувають організовані форми занять фізичними вправами.

Навіть у здорових, тих, що правильно розвиваються, школярів тільки так звана спонтанна рухова активність і уроки фізичної культури в школі не можуть забезпечити потрібний добовий обсяг рухів.

Урок фізичної культури компенсує в середньому 11% необхідної добової кількості рухів. Ранкова гімнастика вдома, гімнастика перед початком занять у школі, фізкультпауза під

час уроків, рухливі ігри на перервах, прогулянки з рухливими іграми після уроків дають змогу дітям 7...11 років виявляти до 60% потрібного для них добового обсягу рухів.

Як показали дослідження, здійснені М. В. Антроповою, фізкультурні паузи вдома є не тільки обов'язковою складовою частиною фізкультурно-оздоровчої роботи в режимі для школяра, а й необхідним заходом, який затримує зниження розумової працездатності. В домашніх умовах учні початкових класів повинні проводити фізкультпаузу через 30...40 хв роботи над домашнім завданням.

Якщо урок фізичної культури і фізкультурно-оздоровча робота в режимі дня є необхідною умовою, яка забезпечує більш ніж наполовину оптимальний добовий обсяг рухів школярів, то позакласні і позашкільні форми занять фізичними вправами повинні бути організовані так, щоб ліквідувати дефіцит рухової активності школярів.

Дослідженнями НДІ фізіології дітей і підлітків АПН СРСР доведено, що 5...6 год занять фізичними вправами на тиждень (2 уроки фізичної культури, щоденні фізкультурно-оздоровчі форми роботи, заняття у спортивній секції) сприяють фізичному розвитку, поліпшенню загальної фізіологічної та імунної реактивності організму і є тією середньою оптимальною нормою, яка необхідна, щоб втамувати «голод» дітей у рухах.

Необхідно також широко впроваджувати щоденні 15...20-хвилинні рухливі ігри для дітей I—II класів після третього уроку. У цих випадках розумова працездатність зростає в 3...4,5 рази порівняно з випадками, коли вони проводяться після 1-го або 2-го уроків.

Для підлітків теж рекомендується активний відпочинок після 3-го або 4-го уроку і в другій половині дня перед виконанням домашніх завдань. Якщо дати активний відпочинок після 5-го або 6-го уроку, то поряд із погіршенням показників працездатності спостерігається пригнічення фагоцитарної активності лейкоцитів крові.

Особливу увагу треба приділяти плаванню. Нема потреби доводити важливість його як життєво необхідної навички. Разом з тим дослідження показують, що плавання висувається на одне з перших місць (серед інших засобів фізичного виховання) за своїм оздоровчим впливом.

### **Роль фізичної праці і фізичної культури в розвитку рухового апарата у дітей**

**Постава.** Кожній людині властива специфічна для неї постава, або поза, тобто положення тіла під час стояння, сидіння, ходьби і праці. Постава звичайно підтримується статичним напруженням м'язів.

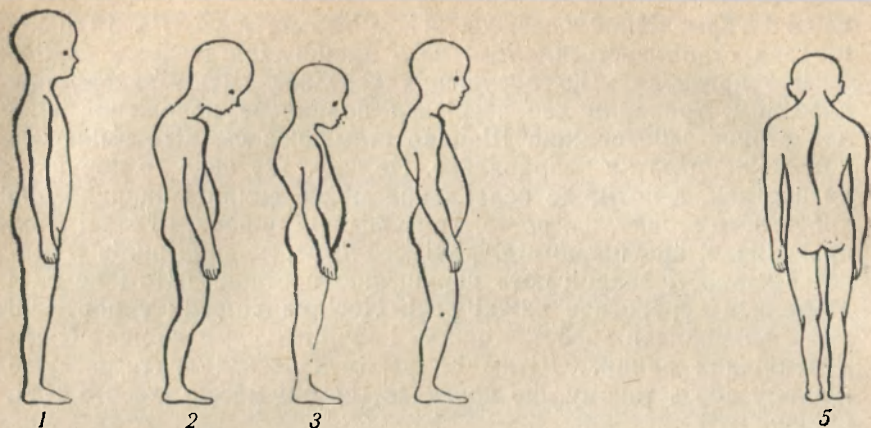


Рис. 43. Типи постави:

1 — правильна; 2 — сутула; 3 — кіфотонічна; 4 — лордотична; 5 — сколіоз.

При правильній, або стрункій, поставі вигини хребетного стовпа помірні, плечі розправлені, ноги прямі з нормальними склепіннями стоп (рис. 43). Люди з хорошою поставою стрункі, голова у них тримається прямо або трохи відкинута назад, груди дещо виступають над животом. М'язи таких людей пружні, рухи зібрані, чіткі.

Правильна постава найсприятливіша для функціонування систем органів руху і внутрішніх органів людини, що в остаточному результаті сприяє підвищенню працездатності.

При неправильній поставі голова висунута вперед, грудна клітка приплюснута, плечі зведені вперед, живіт випнутий, а груди запалі, ноги розігнуті в колінних суглобах. Поперековий лордоз і грудний кіфоз сильніше підкреслені («кругла спина»). Часто неправильна постава супроводжує сколіози, тобто бокові викривлення хребетного стовпа. При сколіозах плечі, лопатки і таз асиметричні.

Неправильна постава утруднює роботу серця, легень, травного каналу; при цьому зменшується життєва ємкість легень, знижується обмін речовин, з'являються головний біль, підвищена втомлюваність.

Постава не належить до спадкових ознак. Вона починає формуватися з раннього віку і протягом життя може змінюватися. В основному формування постави відбувається в 6...7 років. Для формування правильної постави велике значення має розвиток м'язів тулуба. Напруження цих м'язів формує і утримує поставу, а зменшення їхнього напруження порушує її.

У дітей м'язи тулуба ще слабко розвинені, тому їхня постава нестійка.

Формування постави — одне із завдань фізичного виховання школярів. Головним тут є рівномірне заняття фізичними впра-

вами і гармонійний розвиток всіх м'язових груп. До 18 років постава стабілізується, після чого виправляти її дуже важко.

Що призводить до порушення постави? Дітям важче, ніж дорослим, тривалий час зберігати правильне положення тіла при стоянні або сидінні. Швидко стомлюючись, діти змінюють положення тіла на неправильне. Це спочатку веде до порушення постави, а потім до ослаблення м'язів спини і викривлення хребетного стовпа, що росте. Тому фізичні вправи, рухливі ігри, прогулянки, правильно підібрані меблі, чергування видів м'язової діяльності запобігають порушенню постави. Дітям не слід дозволяти переносити важкі речі. Носіння книжок у портфелі може викривляти хребет. Книжки і зошити учням краще носити в заплічних ранцях. Дітям не рекомендується спати в дуже м'якому або в такому, що прогинається під масою їхнього тіла, ліжку.

Під час занять і їжі треба стежити, щоб діти сиділи правильно. А це можливе лише тоді, коли меблі відповідають зростові і пропорціям тіла дитини.

**Значення фізичної культури в розвитку рухового апарату у дітей.** Сила і величина м'язів перебувають у прямій залежності від вправлянь і тренування. Під час роботи посилюється кровопостачання м'язів, поліпшується регуляція їхньої діяльності нервовою системою, відбувається ріст м'язових волокон, тобто збільшується маса мускулатури.

Здатність до фізичної роботи, витривалість є результатом тренування м'язової системи.

Збільшення рухової активності дітей і підлітків приводить до змін у кістковій системі та інтенсивнішого росту їхнього тіла. Під впливом тренування кістки стають міцніші і стійкіші до навантажень і травм. Фізичні вправи і спортивне тренування, які проводяться з врахуванням вікових особливостей дітей і підлітків, сприяють усуненню порушень постави.

Скелетні м'язи впливають на хід обмінних процесів і на функціонування внутрішніх органів. Дихальні рухи здійснюються м'язами грудей і діафрагмою, а м'язи черевного преса сприяють нормальній діяльності органів черевної порожнини, кровообігу і дихання.

Тепер усі вже знають, що малорухливий спосіб життя — гіпокінезія — шкідливий для здоров'я. Зайва маса, склероз, який розвивається, і пов'язані з ним серцево-судинні порушення — наслідок гіпокінезії.

Різномісна м'язова діяльність підвищує працездатність організму, при цьому зменшуються енергетичні витрати організму на виконання роботи. При систематичному виконанні фізичних навантажень формується досконаліший механізм дихальних рухів. Збільшується глибина дихання, підвищується використання кисню тканинами організму. Під впливом тренувань збільшується життєва ємкість легень. Кровоносні судини в процесі

тренування стають еластичніші, що поліпшує умови руху крові.

Якщо людина малорухлива за характером своєї роботи, не займається спортом і фізичною культурою, то в середньому і літньому віці еластичність і скоротлива здатність її м'язів знижуються. М'язи стають в'ялі. В результаті слабкості м'язів черевного преса відбувається опущення внутрішніх органів і порушується функція травного каналу. Слабкість м'язів спини зумовлює зміну постави. Поступово розвивається сутулість. Порушується координація рухів.

Сприятливий ефект, який роблять фізичні вправи на формування здорової, сильної, витривалої людини з правильною будовою тіла і гармонійно розвиненою мускулатурою, відомий давно.

В наш час є широкі можливості для підвищення рівня фізичного розвитку людини.

Нема вікової межі для занять фізичною культурою. В літньому віці систематичне виконання фізичних вправ запобігає відкладенню солей у суглобах, сприяє збереженню їхньої рухомості, зміцнює зв'язковий апарат і мускулатуру. При цьому рухові навички зберігаються на високому рівні, літні люди з віком не втрачають впевненості в рухах.

Вправи — це ефективний засіб удосконалення рухового апарата людини. Вони лежать в основі будь-якої рухової навички і вміння. Під впливом вправ формуються закінченість і стійкість усіх форм рухової діяльності людини.

Фізіологічний зміст вправи зводиться до утворення динамічного стереотипу. В початковий період виконання вправи спостерігається велике поширення збудження в корі великого мозку. Діяльною стає велика кількість м'язів, рухи учня незграбні, метушливі, хаотичні. При цьому скорочуються численні м'язові групи, які часто аж ніяк не стосуються рухового акту. Внаслідок цього розвивається гальмування, знижується м'язова працездатність.

При продовженні вправ поширене кіркове збудження концентрується, утворюється осередок стаціонарного збудження, концентрованого в обмеженій групі м'язів, безпосередньо пов'язаних з даною вправою або руховим актом, ось чому рухи стають чіткіші, вільніші, координованіші та економічніші з точки зору затрат часу і енергії.

На заключній стадії утворюється стійкий стереотип, з повторенням вправ рухи стають автоматизованими, добре координованими; вони виконуються тільки за рахунок скорочення тих груп м'язів, які необхідні для даного рухового акту.

При систематичному тренуванні відбувається збільшення потужності і корисної дії м'язів тіла. Це збільшення досягається, з одного боку, завдяки розвитку м'язів, які беруть участь у даній роботі (м'язи, які тренуються, збільшуються в обсязі, у



зв'язку з чим зростає і їхня сила), а з другого в результаті змін, яких зазнають серцево-судинна і дихальна системи.

Дихання у тренуваних людей у спокої рідше і доходить до 8...10 на хвилину порівняно з 16...20 у нетренуваних. Зменшення частоти дихання супроводжується поглибленням дихання, тому вентиляція легень не зменшується.

При м'язовій роботі легенева вентиляція може доходити до 120 літрів на хвилину. У тренуваних людей збільшення вентиляції відбувається внаслідок поглиблення дихання, тоді як у нетренуваних внаслідок почастішання дихання, яке залишається поверхневим. Поглиблене дихання тренуваних людей сприяє кращому насиченню крові киснем.

У тренуваних людей відбувається зменшення кількості серцевих скорочень, але збільшується систолічний (ударний) і хвилинний об'єми крові при незначному почастішанні роботи серця. У нетренуваних людей хвилинний об'єм збільшується в результаті почастішання серцевої діяльності при незначному підвищенні систолічного об'єму.

## РОЗДІЛ VII

### Залози внутрішньої секреції

#### Загальні закономірності діяльності залоз внутрішньої секреції

**Поняття про залози внутрішньої секреції.** Відомо, що залози, які є в організмі, виробляють специфічні речовини — секрети. Секрети можуть виділятися спеціальними протоками в порожнини тіла (в ротову порожнину, шлунок, кишечник) або в зовнішнє середовище. В цьому разі говорять про зовнішню секрецію, а залози називають залозами зовнішньої секреції. Слинні, шлункові, сальні, потові залози — залози зовнішньої секреції.

Але в організмі є залози, які не мають вивідних проток і виділяють секрети, що в них утворюються, прямо в кров. Це залози внутрішньої секреції, або ендокринні залози (від грецьк. *endon* — всередині; *krinein* — виділяти) (рис. 44). До залоз внутрішньої секреції належать гіпофіз, шишкоподібне тіло (епіфіз), підшлункова залоза, щитовидна залоза, надниркові залози, статеві, прищитовидні (паращитовидні) залози, виличкова залоза.

Підшлункова і статеві залози — змішані, бо частина їхніх клітин виконує зовнішньосекреторну функцію, інша частина — внутрішньосекреторну.

Статеві залози виробляють не тільки статеві гормони, а й статеві клітини (яйцеклітини і сперматозоони). Частина клітин підшлункової залози виробляє гормони інсулін і глюкагон, інші її клітини виробляють травний підшлунковий сік.

Ендокринні залози людини невеликі за розмірами, мають зовсім малу масу (від часточок грама до кількох грамів), багаті на кровоносні судини. Кров приносить до них необхідний будівельний матеріал і забирає хімічно активні секрети.

До ендокринних залоз підходить розгалужена сітка нервових волокон, їхню діяльність постійно контролює нервова система.

Залози внутрішньої секреції функціонально тісно пов'язані між собою, і ураження однієї залози зумовлює порушення функцій інших залоз.

**Роль підзгірно-гіпофізарної системи в процесах саморегуляції функцій ендокринних залоз.** Багато клітин підзгір'я має здатність до нейросекреції, тобто в них утворюються біологічно активні речовини — нейрогормони. В нейросекреторних клітин підзгір'я є тіло і відростки. Їхній секрет — гормони поліпептидної природи — формується у вигляді секреторних гранул, які надходять в аксони клітин, переміщаються до їхніх закінчень, де й накопичуються. Перед виділенням гормону гранули втрачають свою густину і перетворюються на пухирці. Відростки нейросекреторних клітин утворюють підзгірно-гіпофізарний тракт — ніжку гіпофіза, по якій нейрогормони надходять у гіпофіз, змінюючи активність його клітин, його секреторну діяльність. Зміна функцій гіпофіза через інші ендокринні залози спричиняє зміну функцій організму.

Пояснимо це на прикладі взаємодії гормонів передньої частки гіпофіза та інших ендокринних залоз. У передній частці гіпофіза виробляється тиреотропний гормон, який стимулює утворення гормонів щитовидної залози. Якщо у тварини видалити передню частку гіпофіза і тим самим виключити вироблення тиреотропного гормону, настає атрофія (переродження) щитовидної залози і виникає дефіцит тиреотропних гормонів. Таким чином, між гіпофізом і щитовидною залозою здійснюється прямий зв'язок, який виражається в стимуляції тиреотропним гормоном внутрішньосекреторної функції щитовидної залози. З іншого боку, підвищення рівня гормонів щитовидної залози понад нормальну межу гальмує утворення тиреотропного гормону гіпофіза, завдяки чому реалізується зворотний негативний зв'язок між

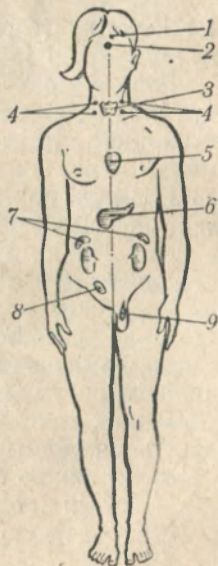


Рис. 44. Схема розташування ендокринних залоз:

1 — шишкоподібне тіло; 2 — гіпофіз; 3 — щитовидна залоза; 4 — прищитовидні залози; 5 — вилочкова залоза; 6 — підшлункова залоза; 7 — надниркові залози; 8 — яєчник (у дівчинки); 9 — яєчко (у хлопчика).

щитовидною залозою і секрецією тиреотропного гормону гіпофіза.

Подібні взаємозв'язки виявлені між адренкортикотропним гормоном передньої частки гіпофіза і секрецією гормонів кори надниркових залоз, а також між гонадотропними (що стимулюють статеві залози) гормонами гіпофіза і ендокринною функцією статевих залоз.

Так здійснюється саморегуляція діяльності залоз внутрішньої секреції: збільшення функції залози під впливом факторів зовнішнього або внутрішнього середовища приводить внаслідок негативного зворотного зв'язку до наступного гальмування і нормалізації гормонального балансу.

Оскільки підзгірна ділянка мозку пов'язана з іншими відділами центральної нервової системи, то вона є ніби колектором всіх імпульсів, які надходять із зовнішнього світу і внутрішнього середовища. Під впливом цих імпульсів змінюється функціональний стан нейросекреторних клітин підзгір'я, а слідом за цим — діяльність гіпофіза і пов'язаних з ним ендокринних залоз.

## Гормони

**Поняття про гормони.** Гормони — специфічні, фізіологічно активні речовини, які виробляються залозами внутрішньої секреції.

Гормонам властива висока біологічна активність. Так, 1 г адреналіну (гормон надниркових залоз) досить, щоб посилити роботу 100 000 000 ізольованих сердець жаб, тобто для стимуляції діяльності одного серця досить  $\frac{1}{100\,000\,000}$  г адреналіну.

1 г інсуліну (гормон підшлункової залози) може знизити рівень цукру в крові 125 000 кроликів.

Розмір молекул гормонів порівняно невеликий. Це забезпечує їхнє проникнення через стінки капілярів із кров'яного руслу в тканини. Крім того, малі розміри молекул полегшують гормонам вихід із клітин через клітинні мембрани.

Гормони порівняно швидко руйнуються тканинами, тому для забезпечення тривалої дії вони повинні постійно виділятися в кров. Тільки в цьому випадку можливе підтримання постійної концентрації гормонів у крові.

Гормонам властива відносна видова специфічність, що має важливе значення, бо дає змогу нестачу того чи іншого гормону в організмі людини компенсувати введенням гормональних препаратів, що їх добувають із відповідних залоз тварин.

В наш час вдалося не тільки виділити багато гормонів, а й навіть виробляти деякі з них синтетичним шляхом.

За хімічною будовою деякі гормони належать до поліпептидів (інсулін і більшість гормонів гіпофіза). Гормони щитовидної залози — тироксин і трийодтиронін, а також адреналін і

норадреналін, які виробляються в мозковому шарі надниркових залоз, є похідними амінокислот. Гормони кори надниркових і статевих залоз за своєю природою є стероїдами.

**Значення гормонів.** Гормони впливають на обмін речовин, регулюють клітинну активність, сприяють проникненню продуктів обміну речовин через клітинні мембрани. Гормони впливають на дихання, кровообіг, травлення, виділення; з гормонами пов'язана функція розмноження.

Ріст і розвиток організму, зміна різних вікових періодів пов'язані з діяльністю залоз внутрішньої секреції.

Гормони впливають на ріст і диференціювання тканин. Так, при зниженні функції передньої частки гіпофіза різко знижується активність синтезу білка в організмі і внаслідок цього настає затримка росту.

При нестачі гормонів щитовидної залози порушується диференціювання тканин. У цьому можна легко переконатися, якщо у пуголовка видалити щитовидну залозу: пуголовок росте, але його метаморфоз у зрілу жабу не відбувається. При затриманні розвитку статевих залоз запізнюються або слабо розвиваються вторинні статеві ознаки, а при недостатньому виробленні гонадотропних гормонів гіпофіза порушується дозрівання статевих залоз і утворення специфічних статевих клітин.

Гормони щитовидної залози, які містять йод, стимулююче впливають на процес регенерації. Під їхнім впливом прискорюється загоювання шкірних і м'язових ран, кісткових переломів.

**Механізм дії гормонів.** Механізм дії гормонів досі повністю ще не з'ясований. Вважають, що гормони справляють вплив на організм шляхом активації або пригнічення ферментних систем, через зміну проникності клітинних мембран і шляхом стимуляції генетичних процесів у ядрі клітини.

Вважають, що гормони, приєднуючись до ферментів, змінюють їхню структуру, а це впливає на швидкість перебігу ферментативних реакцій. Проте такий механізм дії гормонів доведено лише для деяких із них.

Добре вивчено вплив гормону підшлункової залози інсуліну на проникність клітинних мембран по відношенню до глюкози: інсулін збільшує проникність мембран. Подібна дія властива гормонам статевих залоз і гормонів росту. Такі гормони кори надниркових залоз, як гідрокортизон і кортикостерон, зменшують проникність клітинних мембран.

Майже всім гормонам властива дія через генетичний апарат клітини (гормони підшлункової, щитовидної залоз, надниркових, статевих залоз, гіпофіза). Є дані про участь гормонів у синтезі нуклеїнових кислот і білків.

Інсулін, наприклад, індукуює синтез ферментів, які здійснюють розщеплення глюкози. При нестачі цього гормону глюкоза розщеплюється з меншою інтенсивністю, що приводить до збільшення її вмісту в крові.

Більшість стероїдних гормонів посилює синтез інформаційної РНК, активуючи синтез білка і окремих білків-ферментів.

Деякі гормони, проникаючи в клітинне ядро, вступають у зв'язок з хроматином (комплексом білка і ДНК), тобто генетичним матеріалом, і регулюють послідовність і повноту виявлення спадкової інформації.

**Гормони і стрес.** Залози внутрішньої секреції поряд з нервовою системою забезпечують пристосувальні реакції організму в умовах стресу, тобто напруження, спричиненого надзвичайними зовнішніми впливами (охолодження, підвищена температура середовища, травми, інфекції, отруєння і т. п.).

Канадський дослідник Г. Сельє створив вчення про стрес (від англ. stress — напруження). При стресі виникає ряд пристосувальних змін, які дістали назву загального адаптаційного синдрому. Це зміни, спрямовані на збереження життя організму, властиві всім видам стресу. Розвиток загального адаптаційного синдрому неможливий без участі гіпофіза і кори надниркових залоз. Якщо у тварини видалити гіпофіз або надниркову залозу, то вона загине після впливу надзвичайного подразника. Розрізняють три стадії розвитку адаптаційного синдрому: I — реакція тривоги, супроводжується посиленням виділенням глюкокортикоїдів і адренокортикотропного (АКТГ) гормона в кров, це сприяє пристосуванню організму до дії подразника; II — резистентності, тобто стійкості організму до дії подразника, характеризується збільшенням маси (гіпертрофією) передньої частки гіпофіза і надниркових залоз, підвищеною секрецією адренокортикотропного гормона і глюкокортикоїдів, що сприяє розвиткові стійкості організму до несприятливих впливів; III — виснаження, характеризується тим, що залоза уже не може виділяти достатню кількість захисних гормонів. Це порушує процес пристосування, і стан організму погіршується, може настати його загибель.

Таким чином, адаптація організму до дії надзвичайних подразників вимагає достатньої секреції АКТГ і глюкокортикоїдів. Сельє назвав ці гормони адаптивними.

Втягнення гіпофіза і кори надниркових залоз у стресорну реакцію відбувається насамперед завдяки підвищенню функціональної активності підзгір'я рефлекторним шляхом (стресори, впливаючи на екстеро- і інтерорецептори, зумовлюють потік імпульсів до підзгір'я), через збудження симпатичної частини автономної нервової системи і, нарешті, в результаті впливу імпульсів, які виходять із кори великого мозку (психічний стрес).

**Гормони як фактори гуморальної регуляції функцій.** Гуморальна регуляція — найдавніша форма регуляції. Хімічні речовини, які утворюються в організмі в процесі його життєдіяльності, надходять у кров і тканинну рідину. Переносячись рідинами організму, хімічні речовини впливають на діяльність його

органів, забезпечують їхню взаємодію. Завдяки погодженій діяльності всіх частин тіла організм становить собою єдине ціле, може підтримувати своє існування і пристосовуватися до мінливих умов навколишнього середовища.

Погодженість функцій організму забезпечується безперервною роботою складної системи керування його внутрішнім життям і зовнішньою поведінкою. Найбільш швидко і точно працює нервова система керування, яка досягла високого вдосконалення у людини в організації негайних реакцій на подразники.

В процесі еволюції утворилася особлива система органів, які спеціалізувалися на виробленні дуже активних хімічних речовин, що регулюють життєві процеси. Як зазначалося вище, це гормони, які виробляються залозами внутрішньої секреції.

Незважаючи на важливі і різноманітні впливи хімічних речовин на функції організму, треба зауважити, що ця форма регуляції потребує відносно багато часу для свого здійснення і не може забезпечити швидкої і точної реакції організму на подразники зовнішнього і внутрішнього середовища.

В цілому організмі нервовий і гуморальні механізми діють взаємозв'язано. Хімічні регулятори, що утворюються в організмі, впливають на нервові клітини, змінюючи їхній стан. Впливають на стан нервової системи також гормони, які утворюються в залозах внутрішньої секреції. Але функціями ендокринних залоз керує нервова система. Їй в організмі належить провідна роль.

Гуморальні фактори — ланка в нейрогуморальній регуляції. Як приклад розглянемо регуляцію осмотичного тиску крові під час спраги. Внаслідок нестачі води підвищується осмотичний тиск у внутрішньому середовищі організму. Це приводить до подразнення осморорецепторів. Виникле збудження по нервових шляхах потрапляє в центральну нервову систему. Звідси імпульси ідуть до залози внутрішньої секреції — гіпофіза і стимулюють виділення в кров антидіуретичного гормону гіпофіза. Цей гормон, потрапляючи в кров, надходить до звивистих каналців нирок і посилює зворотне всмоктування води із первинної сечі в кров. Так відновлюється порушений осмотичний тиск в організмі.

При надлишку цукру в крові нервова система стимулює функцію внутрішньосекреторної частини підшлункової залози. Тепер у кров надходить більше гормону інсуліну, і зайвий цукор під його впливом відкладається в печінці і м'язах у вигляді глікогену. При посиленій м'язовій роботі, коли зростає потреба організму в цукрі і в крові його стає недостатньо, посилюється діяльність надниркових залоз. Гормон надниркових залоз адреналін сприяє перетворенню глікогену в цукор.

Таким чином, нервова система впливає на стан залоз внутрішньої секреції, вироблення ними гормонів. Багато ендокринних захворювань розвивається внаслідок ураження нервової

системи (цукровий діабет, базедова хвороба, розладнання функцій статевих залоз). Вплив нервової системи здійснюється через секреторні нерви. Крім того, нерви підходять до кровоносних судин ендокринних залоз. Змінюючи просвіт судин, вони впливають на діяльність цих залоз. І, нарешті, в ендокринних залозах містяться чутливі закінчення доцентрових нервів, які сигналізують у центральну нервову систему про стан ендокринної залози.

**Вплив гормонів на ріст і розвиток організму.** Система ендокринних залоз справляє великий вплив на організм, що росте, починаючи з ранніх періодів ембріонального розвитку.

Уже в процесі ембріонального розвитку функціонують деякі ендокринні залози, впливаючи на формування плода (вилочкова залоза, шишкоподібне тіло, інсулярний апарат підшлункової залози, кіркова зона надниркових залоз).

В постнатальному періоді час включення в фізіологічні функції організму ендокринних залоз різний: так, наприклад, від одного року до 6...7 років особливо сильно впливають на організм гормони щитовидної залози, шишкоподібного тіла і вилочкової залози. На кінець цього періоду посилюється активність передньої частки гіпофіза, гормони якої є головним фактором, що визначає лінійний ріст дітей аж до періоду статевого дозрівання.

Від 7 до 15...16 років різко посилюється функція гіпофіза, а в пубертатному періоді виразно виявляється діяльність статевих залоз, відбуваються складні нейрогормональні зрушення: знижується гальмівний вплив епіфіза на підзгір'я, посилюється секреція гонадотропних гормонів гіпофіза, в корі надниркових залоз починають посилено вироблятися андрогени, які зумовлюють появу вторинних статевих ознак.

### **Щитовидна залоза**

Щитовидна залоза розташована спереду гортані і складається з двох бокових часток і перешийка. В залозі багато кровоносних і лімфатичних судин. За одну хвилину через судини щитовидної залози протікає така кількість крові, яка в 3...5 разів перевищує масу цієї залози.

Великі залозисті клітини щитовидної залози утворюють фолікули, заповнені колоїдною речовиною. Сюди надходять гормони, які виробляються залозою, що є сполуками йоду з амінокислотами.

Маса залози у новонародженої дитини близько 1 г, в 5...10 років — 10 г, до 12...15 років маса залози помітно збільшується, досягаючи у дорослого 25...35 г.

Гормон щитовидної залози тироксин містить до 65% йоду. Тироксин — сильний стимулятор обміну речовин в організмі; він прискорює обмін білків, жирів і вуглеводів, активізує окис-

ні процеси в мітохондріях, що зумовлює посилення енергетичного обміну. Особливо важлива роль гормону в розвитку плода, в процесах росту і диференціювання тканин.

Гормони щитовидної залози впливають на центральну нервову систему як стимулятор. Недостатнє надходження гормону в кров або його відсутність приводить до різко вираженого затримання психічного розвитку.

В 1840 р. німецький лікар К. Базедов вперше описав хворобу, пов'язану із надмірною функцією (гіперфункція) щитовидної залози. Характерними ознаками захворювання є збільшення щитовидної залози (зоб), витрішкуватість (очні яблука виступають із орбіт), підвищується обмін речовин, який супроводжується значним схудненням. Пульс нерідко доходить до 180...200 ударів на хвилину. Хворі дратливі, у них швидко настає втома, спостерігається розладнання сну, діти стають плаксиві.

Базедова хвороба тепер піддається ефективному лікуванню.

Нестача гормонів щитовидної залози (гіпофункція) веде до неможливості підтримувати нормальний рівень обміну речовин і густий стан тканинних білків. Тканини стають пухкі, слизисті, розвивається захворювання мікседема, або слизистий набряк. Людина при цьому стає квола, втрачає апетит, температура тіла знижена; пухкість тканин, загальна набряклість, в'яла мускулатура, припухла шкіра з волоссям, яке погано росте, надають такій людині характерного вигляду. У хворих різко порушуються психічні функції.

Недостатність функції щитовидної залози в дитячому віці приводить до кретинізму. При цьому затримується ріст і порушуються пропорції тіла, затримується статевий розвиток, відстає психічний розвиток. Раннє виявлення гіпофункції щитовидної залози і відповідне лікування дають значний позитивний ефект.

Порушення функцій щитовидної залози можуть виникати в результаті генетичних змін, а в деяких районах через нестачу йоду, необхідного для синтезу гормонів щитовидної залози. Найчастіше це трапляється у високогірних районах, а також у лісистих місцевостях з підзолистим ґрунтом, де відчувається нестача йоду в воді, ґрунті, рослинах. У людей, які живуть у цих місцевостях, відбувається збільшення щитовидної залози до значних розмірів, а функція її, як правило, знижена. Це ендемічний зоб. Ендемічними називають захворювання, які пов'язані з певною місцевістю і постійно спостерігаються у населення, що живе там.

У нашій країні завдяки широкій мережі профілактичних заходів ендемічний зоб як масове захворювання ліквідований. Добрий ефект дає додавання солей йоду до хліба, чаю, солі. Додаток 1 г калію йодиту на кожні 100 г солі задовольняє потребу організму в йодові.



## Прищитовидні залози

У людини дві пари прищитовидних залоз. Розташовані вони на задній поверхні щитовидної залози, часто і в її тканині. Розмір кожної із залоз не перевищує 1...2 мм, а їхня загальна маса — 0,1...0,13 г. Вони виробляють паратгормон, який регулює обмін кальцію і фосфору в організмі.

При гіпофункції прищитовидних залоз відбувається зниження вмісту кальцію в крові, що приводить до судорожних скорочень м'язів ніг, рук, тулуба і обличчя — тетанії. Ці явища пов'язані з підвищенням збудливості нервово-м'язової тканини у зв'язку з нестачею кальцію в крові, а отже, і в цитоплазмі клітин. При гормональній недостатності кістки стають менш міцні, кісткові переломи погано заживають, зуби легко ламаються. Введення кальцію хлориду в організм хворого припиняє судороги, а введення гормону полегшує перебіг хвороби.

До недостатності гормональної функції прищитових залоз особливо чутливі діти та матері, які годують дітей. Це і зрозуміло, бо в ці періоди потреба організму в кальції особливо велика.

При надмірному виділенні в кров гормону прищитовидних залоз (гіперфункція) відбувається декальцинація кісток: кістки стають ламкі, легко деформуються, викривляються. В тканині нирок, у кровоносних судинах серця, міокарді, слизовій оболонці шлунка і бронхіол відбувається відкладення солей кальцію.

## Гіпофіз

Гіпофіз — невелике утворення овальної форми, розташоване біля основи мозку, в заглибині турецького сідла основної кістки черепа. У новонародженого маса гіпофіза 0,1...0,15 г, до 10 років вона досягає 0,3 г. Значно збільшується маса гіпофіза в період статевого дозрівання (до 0,7 г), під час вагітності маса гіпофіза збільшується до 1 г.

Гіпофіз пов'язаний із підзгірною областю мозку. Розрізняють передню, проміжну і задню частки гіпофіза. Згідно з Міжнародною анатомічною номенклатурою передню і проміжну частку називають аденогіпофізом, а задню нейрогіпофізом.

З аденогіпофіза виділено такі гормони: гормон росту, або соматотропін; тиреотропін, адренокортикотропний (АКТГ); фолітропін; лютропін і пролактин, або лактотропін.

Соматотропін, або гормон росту, зумовлює ріст кісток у довжину, прискорює процеси обміну речовин, що приводить до посилення росту, збільшення маси тіла. Нестача цього гормону виявляється в малорослості (зріст менше 130 см), затриманні статевого розвитку, пропорції тіла при цьому зберігаються. Психічний розвиток гіпофізарних карликів звичайно не пору-

шений. Серед гіпофізарних карликів зустрічалися і видатні люди.

Надлишок гормону росту в дитячому віці веде до гігантизму. В медичній літературі описані гіганти, які мали зріст 2 м 83 см і навіть більше (3 м 20 см). Гіганти характеризуються довгими кінцівками, недостатністю статевих функцій, зниженою фізичною витривалістю.

Інколи надмірне виділення гормону росту в кров починається після статевого дозрівання, тобто коли епіфізарні хрящі уже окостеніли і ріст трубчастих кісток у довжину більше неможливий. Тоді розвивається акромегалія: збільшуються кисті і стопи, кістки лицьової частини черепа (вони окостенівають пізніше), посилено ростуть ніс, губи, підборіддя, язик, вуха, голосові зв'язки товщають, тому голос стає грубим; збільшується об'єм серця, печінки, травного каналу.

Адренкортикотропний гормон (АКТГ) впливає на діяльність кори надниркових залоз. Збільшення кількості АКТГ у крові зумовлює гіперфункцію кори надниркових залоз, що приводить до порушення обміну речовин, збільшення кількості цукру в крові. Розвивається хвороба Іценка-Кушінга з характерним ожирінням обличчя і тулуба, волоссям, яке надмірно росте на обличчі і тулубі; нерідко при цьому у жінок ростуть борода і вуса; збільшується артеріальний тиск; розпушується кісткова тканина, що веде інколи до мимовільних переломів кісток.

В аденогіпофізі утворюється також гормон, необхідний для нормальної функції щитовидної залози (тиреотропін).

Кілька гормонів передньої частки гіпофіза впливають на функції статевих залоз. Це гонадотропні гормони. Одні з них стимулюють ріст і дозрівання фолікулів у яєчниках (фолітропін), активізують сперматогенез. Під впливом лютропіна у жінок відбувається овуляція і утворення жовтого тіла; у чоловіків він стимулює вироблення тестостерона. Прولاктин впливає на вироблення молока в молочних залозах; при його нестачі вироблення молока знижується.

Із гормонів проміжної частки гіпофізу найбільше вивчений меланофорний гормон, або меланотропін, який регулює забарвлення шкірного покриву. Цей гормон діє на клітини шкіри, які містять зернятка пігменту. Під впливом гормону ці зернятка поширюються по всіх відростках клітини, внаслідок чого шкіра темнішає. При нестачі гормону забарвлені зернятка пігменту збираються в центрі клітин і шкіра блідне.

Під час вагітності в крові вміст меланофорного гормону збільшується, що спричинює посилену пігментацію окремих ділянок шкіри (плями вагітності).

Гормони задньої частки гіпофіза (нейрогіпофіз) часто застосовують при пологах, коли треба посилити скорочення матки при слабкій пологовій діяльності, для зганяння посліду і при-

линення маткової кровотечі. При цьому діє гормон окситоцин. Він стимулює не тільки гладеньку мускулатуру матки, а й скоротливі клітини молочних залоз.

Найскладніша дія властива гормону задньої частки гіпофіза. Цей гормон називають антидіуретичним (АДГ); він посилює зворотне всмоктування води із первинної сечі в каналцях нирок, внаслідок чого зменшується кількість сечі, а також впливає на сольовий склад крові. При зменшенні кількості АДГ у крові настає нецукрове сечове виснаження (нецукровий діабет), при якому за добу виділяється до 10...20 л сечі. Разом з гормонами кори надниркових залоз АДГ регулює водно-сольовий обмін в організмі.

Порівняно недавно вдалося довести, що окситоцин і АДГ не утворюються в задній частці гіпофіза. Тут вони тільки накопичуються і, можливо, дозрівають. Утворюються ці гормони в нейросекреторних клітинах переднього відділу підзгір'я, звідки по нервових волокнах транспортуються в задню частку гіпофіза. У зв'язку з цим окситоцин і АДГ називають нейрогормонами.

### **Надиркові залози**

Надиркові залози — парний орган; розташовані вони у вигляді невеликих тілець над нирками. Маса кожної з них 8...10 г. Кожна залоза складається із двох шарів, які мають різне походження, різну будову і відмінні функції: зовнішнього — кіркового і внутрішнього — мозкового.

Із кіркового шару надниркових залоз виділено понад 40 речовин, які належать до групи стероїдів. Це — кортикостероїди (або кортикоїди). Виділяють три основні групи гормонів кіркового шару надниркових залоз: 1) глюкокортикоїди — гормони, які діють на обмін речовин, особливо на обмін вуглеводів. До них належать гідрокортизон, кортизон і кортикостерон. Помічено здатність глюкокортикоїдів пригнічувати утворення імунних тіл, що дало підставу застосовувати їх при пересаджуванні органів (серце, нирки). Глюкокортикоїдам властива протизапальна дія. Вони знижують підвищену чутливість до деяких речовин; 2) мінералокортикоїди. Вони регулюють переважно мінеральний і водний обмін. Гормон цієї групи альдостерон; 3) андрогени і естрогени — аналоги чоловічих і жіночих статевих гормонів. Ці гормони менш активні, ніж гормони статевих залоз, виробляються в незначній кількості.

Гормональна функція кори надниркових залоз тісно пов'язана з діяльністю гіпофіза. Адренкортикотропний гормон гіпофіза (АКТГ) стимулює синтез глюкокортикоїдів і меншою мірою — андрогенів.

Мозкова частина надниркових залоз виробляє гормони, дія яких має багато спільного з дією симпатичної нервової системи.

Клітини, які утворюють мозкову речовину надниркових залоз, мають здатність до забарвлення в жовтий колір хромовими солями. Такі хромафінні клітини виділяють адреналін і його похідні.

Адреналін відомий як один із найбільш швидкодіючих гормонів. Він прискорює кругообіг крові, посилює і прискорює серцеві скорочення; поліпшує легеневе дихання, розширює бронхи; збільшує розпад глікогену в печінці, вихід цукру в кров; посилює скорочення м'язів, знижує їхню втому тощо. Всі ці впливи адреналіну ведуть до одного загального результату — мобілізації всіх сил організму для виконання важкої роботи.

Тісний зв'язок хромафінних клітин надниркової залози з симпатичною нервовою системою зумовлює швидке виділення адреналіну у всіх випадках, коли в житті людини виникають обставини, які вимагають від неї спішного напруження сил.

### **Підшлункова залоза**

Позад шлунка поруч із дванадцятипалою кишкою, міститься підшлункова залоза. Ця залоза змішаної функції. Ендокринну функцію здійснюють клітини підшлункової залози, розташовані у вигляді острівців. Гормон був названий інсуліном (від лат. *insula* — острівець).

Інсулін діє головним чином на вуглеводний обмін, справляє на нього вплив, протилежний адреналіну. Якщо адреналін сприяє якнайшвидшому витрачання в печінці запасів вуглеводів, то інсулін зберігає, поповнює ці запаси.

При захворюваннях підшлункової залози, які приводять до зниження вироблення інсуліну, більша частина вуглеводів, які надходять в організм, не затримується в ньому, а виводиться з сечею. Це приводить до цукрового виснаження (цукровий діабет). Найхарактерніші ознаки діабету — постійний голод, нестримна спрага, сильне виділення сечі і наростаюче схуднення.

У дітей цукровий діабет виявляється найчастіше у віці від 6 до 12 років, особливо після перенесення гострих інфекційних захворювань (кір, вітряна віспа, свинка). Помічено, що розвиткові захворювання сприяє переїдання, особливо багата вуглеводами їжа.

Інсулін за своєю хімічною природою — білкова речовина, яку вдалося одержати в кристалічному вигляді. Під його впливом відбувається синтез глікогену з молекул цукру і відкладання запасів глікогену в клітинах печінки. Разом з тим інсулін сприяє окислюванню цукру в тканинах, забезпечуючи найповніше його використання.

Завдяки взаємодії адреналінового та інсулінового впливу підтримується певний рівень цукру в крові, необхідний для нормального стану організму.

## **Вилочкова залоза**

Вилочкова залоза — парний орган, який розташований позад грудини. До цього часу все ще вважається спірною належність її до ендокринних залоз, гормон залози не виділений у чистому вигляді. Більшість авторів все ж вважає вилочкову залозу ендокринною. Найбільшого розвитку залоза досягає в 11...13 років, коли маса її дорівнює 35...40 г, після чого настає зворотний розвиток, і у дорослих людей зберігаються серед жирової тканини лише окремі ділянки залози з ендокринною функцією.

Вважають, що гормон вилочкової залози бере участь у дозріванні лімфоцитів. У дорослих тварин видалення вилочкової залози приводить до зниження кількості лімфоцитів у крові на 60...70%, майже вдвоє зменшуються розміри лімфатичних вузлів і селезінки.

Видалення залози в перші дні після народження спричиняє різке ослаблення імунних властивостей організму, антитіла не утворюються.

У дітей з природженим недорозвитком вилочкової залози розвивається різка недостатність лімфоцитів, у крові відсутній гамма-глобулін, з яким пов'язано утворення антитіл. Такі діти звичайно гинуть у віці 2...5 місяців.

Вважають, що між вилочковою залозою і статевими залозами існує певний взаємозв'язок: вилочкова залоза гальмує активність статевих залоз, а статеві гормони спричиняють поступове зменшення маси вилочкової залози, різке зниження її функції.

## **Статеві залози**

Статеві гормони виробляються статевими залозами, які належать до змішаних.

Чоловічі статеві гормони (андрогени) виробляються особливими клітинами сім'яників. Вони виділені із екстрактів сім'яних міхурців, а також із сечі чоловіків.

Справді чоловічим статевим гормоном є тестостерон і його похідна — андростерон. Вони зумовлюють розвиток статевого апарата і ріст статевих органів, розвиток вторинних статевих ознак: розвиток голосу, гортані, скелета, мускулатури, ріст волосся на обличчі і тілі. Разом з фолікулоstimулюючим гормоном гіпофіза тестостерон активізує сперматогенез (дозрівання сперматозоонів).

При гіперфункції сім'яних міхурців у ранньому віці відзначається передчасне статеве дозрівання, швидкий ріст тіла і розвиток вторинних статевих ознак. Ураження або видалення яєчок (кастрація) в ранньому віці веде до припинення росту і розвитку статевих органів; вторинні статеві ознаки не розвиваються,

збільшується період росту кісток у довжину, відсутній статевий потяг, оволосіння лобка дуже незначне або не настає зовсім. Не росте волосся на обличчі, голос зберігається високий протягом всього життя. Короткий тулуб та довгі руки і ноги надають ввухам характерного вигляду.

Жіночі статеві гормони (естрогени) виробляються в яєчниках. Вони впливають на розвиток статевих органів, вироблення яйцеклітин, зумовлюють підготовку яйцеклітин до запліднення, матки до вагітності, молочних залоз — до годування дитини.

Суто жіночим статевим гормоном вважають естрадіол. У процесі обміну речовин статеві гормони перетворюються на різноманітні продукти і виділяються з сечею, звідки їх штучно видаляють. До жіночих статевих гормонів належить прогестерон — гормон вагітності (гормон жовтого тіла).

Гіперфункція яєчників спричинює раннє статеве дозрівання з вираженими вторинними статевими ознаками і менструацією. Описані випадки раннього статевого дозрівання дівчаток у 4...5 років.

Статеві гормони протягом всього життя дуже впливають на формування тіла, обмін речовин і статеву поведінку.

### **Гормони і статеве дозрівання**

**Період статевого дозрівання.** Протягом періоду дозрівання організм людини досягає біологічної зрілості. Діти не народжуються на світ з розвинутим статевим інстинктом. Пробудження його відбувається в роки статевого дозрівання.

Строки настання статевого дозрівання і його інтенсивність різні і залежать від багатьох факторів: стану здоров'я, характеру харчування, клімату, побутових і соціально-економічних умов. Неабияку роль відіграють і спадкові особливості.

Несприятливі побутові умови, неповноцінна їжа, нестача в ній вітамінів, тяжкі або повторні захворювання ведуть до затримання статевого дозрівання. У великих містах статеве дозрівання підлітків звичайно настає раніше, ніж у сільській місцевості.

В перехідний період відбувається глибока перебудова всього організму, головна роль в якій належить нервовій системі. Активізується діяльність залоз внутрішньої секреції. Під впливом гормонів гіпофіза посилюється ріст тіла в довжину. Гіпофіз також стимулює діяльність щитовидної залози, тому, особливо у дівчаток, під час статевого дозрівання помітно збільшується щитовидна залоза. Зросла активність гіпофіза приводить до посилення діяльності надниркових залоз, починається активна діяльність статевих залоз, виробляються статеві гормони. Підвищується збудливість автономної нервової системи.

Під впливом гормонів статевих та інших ендокринних залоз відбувається остаточне формування статевих органів і статевих

залоз, починаючи розвиватися вторинні статеві ознаки, за якими одна стать відрізняється від іншої (статеві залози відносять до первинних статевих ознак).

У дівчаток округляються контури тіла, посилюється відкладення жиру в підшкірній клітковині, збільшуються і розвиваються грудні залози, кістки таза роздаються вшир.

У хлопчиків росте волосся на обличчі та тілі, ламається голос, відбувається накопичення сім'яної рідини та нічні мимовільні виділення її (полюції). Повного розвитку вторинні статеві ознаки досягають до періоду статевої зрілості.

Статеве дозрівання у дівчаток починається раніше, ніж у хлопчиків. Після 7...8 років жирова клітковина розвивається у них за жіночим типом: жир відкладається в молочних залозах, на стегнах, сідницях, тому форми тіла округлюються спочатку в області стегон і тулуба, а потім в області плечового пояса і рук.

В 13...15 років спостерігається швидкий ріст тіла в довжину, з'являється рослинність на лобку і в пахвових западинах.

Характерні зміни відбуваються в статевих органах: збільшується в розмірах матка, в яєчниках дозрівають фолікули, починається менструація. В 16...17 років в основному закінчується формування скелета за жіночим типом. Для дівчини 19...20 років — час остаточного становлення менструальної функції, настання анатомічної і фізіологічної зрілості всього організму. У хлопчиків статеве дозрівання починається з 10...11 років, на цей час посилюється ріст статевого члена і яєчок. В 12...13 років змінюється форма гортані і ламається голос; в 13...14 років скелет формується за чоловічим типом; в 15...16 років посилено росте волосся під пахвами і на лобку, з'являється воно і на обличчі (вуса, борода), збільшуються яєчка, починається мимовільне виверження сім'я. Останні дані антропологів свідчать про те, що повне окостеніння, яке у чоловіків закінчується до 24 років, — основний критерій їхньої фізичної зрілості.

Складні процеси, які відбуваються в дитячому організмі в перехідний період, не можна пояснити тільки змінами в статевих органах. Перебудовується весь організм. Він швидко розвивається, посилено працюють внутрішні органи, змінюється психіка підлітка.

Період статевого дозрівання — порівняно тривалий період якісного розвитку дитячого організму, переходу його в зрілий. Цей розвиток відбувається нерівномірно. Одні процеси випереджають інші, тимчасово порушується гармонія в зовнішньому вигляді підлітка, в діяльності його внутрішніх органів, у настрої, поведінці. Ріст кінцівок випереджає ріст тулуба, рухи стають незграбні, вайлуваті. Відбувається це через порушення координаційних відношень у центральній нервовій системі. Підлітки усвідомлюють свою незграбність, зосереджують на цьому увагу, тому здаються ще більше незграбними. Разом з цим зро-

стає м'язова сила, особливо на кінець статевого дозрівання: від 15 до 18 років маса м'язів збільшується на 12%, тоді як з моменту народження дитини до 8 років вона збільшиться лише на 4%.

Ріст м'язової сили у хлопчиків зумовлює потребу в її тренуванні. Дуже важливо розумно спрямувати цю енергію на корисну роботу.

За інтенсивним ростом кісткового скелета і м'язової системи у підлітків не завжди встигає розвиток внутрішніх органів — серця, легень, травного каналу.

Серце випереджає в рості кровоносні судини, внаслідок чого артеріальний тиск підвищується і утруднює передусім роботу самого серця. Водночас бурхлива перебудова всього організму, яка відбувається в період статевого дозрівання, в свою чергу ставить підвищені вимоги до серця. А недостатня робота серця («юнацьке серце») приводить нерідко до запаморочення, посилення і похолодіння кінцівок у хлопчиків і дівчаток. Звідси і головний біль, і швидка втомлюваність, і періодичні приступи млявості; нерідко у підлітків буває непритомний стан через спазми мозкових судин. Із закінченням періоду статевого дозрівання ці порушення звичайно зникають безслідно.

Інтенсивний ріст, різке посилення діяльності залоз внутрішньої секреції, структурні і фізіологічні зміни в організмі дуже підвищують збудливість центральної нервової системи.

Емоції підлітків рухливі, мінливі, суперечливі: підвищена чутливість нерідко поєднується з бездушністю, соромливістю — із навмисною розв'язністю, проявляється надмірний критицизм і нетерпимість до батьківської опіки.

В цей період часом спостерігається зниження працездатності, невротичні реакції, дратливість, плаксивість (особливо у дівчаток в період менструації).

Виникають нові стосунки між статями. У дівчаток загострюється інтерес до своєї зовнішності. Хлопчики намагаються показати перед дівчатками свою силу. Перші «любовні переживання» часом вибивають підлітків із колії, вони стають відлюдкуваті, починають гірше вчитися.

В перехідний період дітям особливо потрібне чуйне ставлення батьків і педагогів. Не треба спеціально привертати увагу підлітків до складних змін в їхньому організмі, психіці, проте роз'яснювати закономірність і біологічний зміст цих змін необхідно.

Дуже важливо, щоб у батькові, матері, педагогові підліток бачив друга, до якого можна звернутися з будь-яким питанням. Мистецтво вихователя у цих випадках полягає в тому, щоб знайти такі форми і методи роботи, які б переключали увагу дітей на різні і різноманітні види діяльності, відвертали їх від сексуальних переживань. Це насамперед підвищення вимог до навчання, праці і поведінки школярів.



Разом з тим дуже важливо, щоб дорослі тактовно, з повагою ставилися до ініціативи і самостійності підлітків, вміли спрямувати їхню енергію у правильне русло, бо підліткам властиво переоцінювати і свої сили, і міру своєї самостійності. Це теж одна із особливостей перехідного періоду.

В період статевого дозрівання велику роль відіграє і нормальний фізичний розвиток юнацького організму.

Потрібне різноманітне, достатнє харчування з великою кількістю вітамінів, а також тривалі прогулянки, заняття спортом.

**Менструація.** В перехідний період у дівчаток з'являється менструація. Це свідчить про те, що яєчники уже виробляють готові до запліднення дозрілі яйцеклітини.

Нормальним вважається початок менструації не раніше 11...12 років і не пізніше 17...18 років. Продовжуються менструації до 45...54 років, тобто до клімактеричного віку.

Нервові зворушення, сильний фізичний біль, переїзд із півночі на південь, з низини в гори можуть порушити менструальний цикл. Тривала, виснажлива робота, сильна перевтома можуть спричинити припинення менструації. Все це свідчить про те, що менструація — не місцевий процес, а один із проявів статевого циклу, який координується центральною нервовою системою.

Поява першої менструації свідчить тільки про початок статевої зрілості. І хоч дівчинка може уже завагітніти, статеві органи її, весь організм ще не дозріли для нормального статевого життя. Розвиток жіночого організму, як ми уже говорили, закінчується до 20 років, а в деяких випадках і пізніше. Тільки в цьому віці допустиме статеве життя.

Менструація в середньому триває від 2 до 5 днів. За цей час виділяється близько 50...150 см<sup>3</sup> крові. Якщо менструації встановилися, то вони повторюються приблизно через кожні 24...28 днів. Цикл вважається нормальним, коли менструації настають через однакові проміжки часу, продовжуються однаковою кількістю днів і з однаковою інтенсивністю. Спочатку менструації можуть тривати 7...8 днів, зникати на кілька місяців, на рік і більше. Найчастіше більш-менш правильна періодичність менструального циклу встановлюється після деяких коливань протягом року.

Перша менструація часом супроводжується поганим загальним станом, слабкістю, болем або значною втратою крові. Інколи можуть бути також слабке підвищення температури, блювання, пронос або запор, запаморочення.

Під час менструації не обов'язково лежати. При доброму самопочутті необхідно вести звичайний спосіб життя, продовжувати займатися ранковою гімнастикою — нескладними фізичними вправами. Забороняються на цей час вправи, пов'язані із стрибками, їзда на велосипеді, підняття важких речей. Не ре-

комендується кататися на ковзанах, лижах, здійснювати тривалі піші переходи, приймати ванни, купатися, загоряти.

Якщо менструації дуже болісні, сильні, треба звернутися до лікаря. При менструаціях, які супроводжуються погіршенням загального стану організму, дівчата звільняються від занять або роботи. Під час менструацій дівчина повинна оберігати себе, особливо ноги і нижню частину живота, від охолодження. Взимку для цього треба носити довгі теплі рейтузи, влітку — щільні закриті трико. Не можна сидати на холодне каміння та інші охолоджені предмети.

Із харчового раціону під час менструації треба виключити такі дуже збудливі речовини, як оцет, гірчиця, перець, хрін. Не можна пити пиво, вино та інші алкогольні напої, бо внаслідок посилення кровообігу це може привести до менструальних кровотеч.

Особливо треба стежити за своєчасним випорожненням сечового міхура і кишок, бо переповнення їх приводить до зміщення матки, що може бути причиною болю, затримання виділень. Дівчина повинна особливо ретельно стежити за чистотою свого тіла під час менструації, бо внутрішня поверхня матки при цьому кровоточить, перетворюється на своєрідну ранову поверхню, де мікроби знаходять сприятливе поживне середовище.

**Полюція** (від лат. pollutio — бруднення, мазання) — мимовільне виділення сімені, яке виникає з настанням періоду статевого дозрівання. Найчастіше ці виділення сімені відбуваються вві сні.

Поява першої полюції свідчить про те, що у хлопчика почали вироблятися сперматозоони. Змішуючись з виділеннями сім'яних міхурців і передміхурової залози, вони у вигляді сімені накопичуються у статевих шляхах і природним шляхом після напруження статевого члена видаляються у вигляді нічних мимовільних вивержень.

Перша полюція буває приблизно у 15...16 років. З цього часу полюції можуть бути навіть у дорослого чоловіка при тривалій статевій стриманості.

Нічне виділення сімені — явище цілком нормальне, фізіологічне. Воно спостерігається у кожного юнака або чоловіка, який не живе статевим життям. Тому не треба ні побоюватися, ні соромитися полюцій. Після них не буває ніяких розладів.

Полюції звичайно виникають 1...3 рази на місяць. Вони можуть бути і рідше, раз на 1,5...2 місяці. В середньому полюції з'являються з перервами від 10 до 60 днів. Якщо полюції спостерігаються кожну ніч або навіть кілька разів на ніч, то в цьому разі треба звертатися до лікаря.

Поява полюцій аж ніяк не свідчення того, що юнак дозрів, перетворився на справжнього чоловіка. І хоч у сім'яній рідині підлітка можуть бути уже зрілі сперматозоони, здатні заплід-

нити жіночу яйцеклітину, проте це нітрохи не показник того, що організм підлітка готовий до статевого життя.

За допомогою полюцій організм звільняється від надміру сім'яної рідини і статевого напруження. Це дуже доцільна і природна реакція організму, яка створює фізіологічні умови для статевої стриманості.

Щоб полюції не повторювалися дуже часто, юнакам не рекомендується на ніч їсти гострі страви, пити багато рідини, вкриватися теплою ковдрою, спати в плавках або тісних трусиках. Постіль повинна бути не дуже м'якою. Крім того, необхідно тримати в чистоті крайню плоть.

## РОЗДІЛ VIII

### **Вікові особливості крові і кровообігу**

#### **Кров як компонент внутрішнього середовища організму**

**Внутрішнє середовище організму.** Будь-який організм потребує певних умов існування. Ці умови забезпечує організму те середовище, до якого він пристосувався в ході еволюційного розвитку.

Внутрішнім середовищем для клітин і органів людини є кров, лімфа і тканинна рідина.

Окремі клітини і групи клітин людського організму надзвичайно чутливі до змін навколишнього середовища. Межі змін середовища, які може переносити цілий організм, значно ширші, ніж в окремих клітин.

В організмі є спеціальні пристосування для забезпечення сталості середовища перебування їхніх клітин. Підтримання сталості умов життя у внутрішньому середовищі називають гомеостазом. В організмі на відносно постійному рівні підтримуються артеріальний тиск, температура тіла, осмотичний тиск крові і тканинної рідини, вміст у них білків і цукру, іонів натрію, калію, кальцію, хлору та ін.

Найважливіша роль у підтриманні гомеостазу належить нервовій системі. Доведено участь у реакціях підтримання гомеостазу автономної нервової системи, системи гіпофізу — надниркові залози, підзгір'я та інших утворень нервової і ендокринної систем. Сталість внутрішнього середовища підтримується безперервною роботою органів дихання, кровообігу, травлення, виділення.

Пояснимо це на прикладі. У вищих тварин і людини величина активної реакції крові (рН) не виходить за межі 7,32...7,35, хоч в організмі утворюються молочна, фосфорна, піровиноградна та інші кислоти, які можуть змінити величину рН. Як же регулюється величина активної реакції крові? При надмірному надходженні в кров кислих продуктів обміну насамперед вклю-

чаються буферні системи крові (карбонатна система, білки крові, гемоглобін). Суміші речовин, які підтримують сталість величини рН, називають буферними системами. Найважливіша з них карбонатна система, яка складається із вугільної кислоти і гідрокарбонату. Молочна кислота, яка утворюється у значній кількості при м'язовій роботі, надходить із клітин у кров, витісняє іони натрію і калію із гідрокарбонатів, в результаті утворюються солі молочної кислоти та вільна вугільна кислота, надлишок якої виводиться через легені назовні.

Під впливом імпульсів з хеморецепторів змінюються діяльність дихальної системи, органів виділення, швидкість течії крові тощо. В результаті надлишок кислих продуктів обміну виводиться з організму і величина рН практично залишається сталою.

При посиленій фізичній роботі відбувається розширення кровоносних судин працюючих органів, із депо надходить в кровообіг додаткова кількість крові, збільшується вихід із печінки необхідної для працюючих органів глюкози.

Гомеостатичні реакції, проте, мають певні межі. При значних відхиленнях від них можуть розвиватися тяжкі захворювання, а інколи настає загибель організму.

**Значення крові.** Справжнім внутрішнім середовищем для клітин є тканинна рідина; вона обмиває клітини. Кров міститься в кровоносних судинах і не стикається безпосередньо з більшістю клітин організму. Проте, перебуваючи в безперервному русі, вона забезпечує сталість складу тканинної рідини.

Кров приносить для клітин кисень і забирає від них вуглекислий газ. Збагачення крові киснем відбувається в легенях через найтонші стінки епітеліальних клітин капілярів; там же кров віддає вуглекислий газ, який потім виділяється в навколишнє середовище з повітрям, що видихається. Протікаючи через капіляри різних тканин і органів, кров віддає їм кисень і поглинає вуглекислий газ.

У процесі травлення відбувається розщеплення харчових продуктів і утворення з них речовин, які можуть засвоюватися організмом. Ці речовини надходять у кров і розносяться нею по організму.

Кров виносить із організму продукти розпаду. В процесі обміну речовин у клітинах постійно утворюються речовини, які вже не можуть бути використані для потреб організму, а часто виявляються і шкідливими для нього. Із клітин ці речовини надходять у тканинну рідину, а потім у кров. За допомогою крові ці продукти надходять до нирок, потових залоз, легень і виводяться з організму.

Кров виконує захисну функцію. В організм можуть потрапляти отруйні речовини або мікроби. Вони зазнають руйнування і знищення деякими клітинами крові або склеюються і знешкоджуються особливими захисними речовинами.

Кров бере участь в регуляції діяльності організму. Хімічно активні речовини, які виробляються в організмі, надходять в кров. Ці речовини, переносячись кров'ю, можуть впливати на діяльність інших органів. Разом з нервовою системою кров встановлює зв'язок між окремими органами, завдяки чому організм функціонує як єдине ціле.

**Кількість крові.** У дорослої людини кількість крові становить приблизно 7...8% маси її тіла. У дітей крові відносно маси тіла більше, ніж у дорослих (табл. 6). У новонароджених кількість крові становить 14,7% маси, у дітей одного року — 10,9%, у дітей 14 років — 7%. Це пов'язано з більш інтенсивним обміном речовин у дитячому організмі. У дорослих людей масою 60...70 кг загальна кількість крові 5...5,5 л.

Таблиця 6. Кількість крові у дітей, підлітків і дорослих

	Вік				
	Новонароджені	1 рік	6...11 років	12...16 років	Дорослі
В процентах до маси тіла	14,7	10,9	7	7	7...8
На 1 кг маси тіла, мл	150	110	70	70	50

Звичайно не вся кров циркулює в кровоносних судинах. Деяка її частина міститься в кров'яних депо. Роль депо крові виконують судини селезінки, шкіри, печінки і легенів. При посиленій м'язовій роботі, при втраті великої кількості крові при пораненнях та хірургічних операціях, деяких захворюваннях запаси крові з депо надходять у загальну течію крові. Депо крові беруть участь в підтриманні постійної кількості циркулюючої крові.

**Склад крові.** Свіжовипущена кров являє собою червону непрозору рідину. Якщо вжити заходів, які б запобігали зсіданню крові, то при відстоюванні, а ще краще при центрифугуванні вона виразно розділяється на два шари. Верхній шар — трохи жовтувата рідина — плазма і нижній — осад темно-червоного кольору. На межі між осадом і плазмою — тонка світла плівка. Осад разом із плівкою складається з формених елементів крові — еритроцитів, лейкоцитів і кров'яних пластинок — тромбоцитів. Всі клітини крові живуть визначений час, після чого руйнуються. В кровотворних органах (кістковому мозкові, лімфатичних вузлах, селезінці) відбувається безперервне утворення нових клітин крові.

У здорових людей співвідношення між плазмою і форменими елементами коливається незначно (55% плазми і 45% формених елементів). У дітей раннього віку процентний вміст формених елементів трохи вищий.

## Плазма крові

**Склад плазми крові.** В 100 мл плазми крові здорової людини міститься близько 93 г води. Решту плазми становлять мінеральні речовини, білки (в тому числі ферменти), вуглеводи, жири, гормони, вітаміни, амінокислоти.

**Осмотичний тиск плазми.** Сумарна концентрація солей, білків, глюкози, сечовини та інших речовин, розчинених у плазмі, створює осмотичний тиск. Осмотичний тиск плазми в основному створюється неорганічними солями, бо концентрація цукру, білків, сечовини та інших органічних речовин у плазмі невелика. Він забезпечує в організмі обмін води між кров'ю і тканинами.

Сталість осмотичного тиску крові має важливе значення для життєдіяльності організму. Мембранам багатьох клітин, у тому числі й клітин крові, властива вибірна проникність. Тому при вміщенні клітин крові в розчини з різною концентрацією солей, а отже із різним осмотичним тиском, в клітинах крові можуть статися серйозні зміни.

Оскільки розчинник завжди рухається в бік вищого осмотичного тиску, то при зануренні еритроцитів у розчин, осмотичний тиск якого нижчий, ніж плазми крові (гіпотонічний розчин), за законами осмоса вода інтенсивно починає проникати всередину еритроцитів. Еритроцити набрякають, руйнуються, їхній вміст потрапляє в розчин. Відбувається гемоліз. Кров, в якій еритроцити зазнали гемолізу, стає прозорою, або, як інколи говорять, лаковою. У людини гемоліз починається при вміщенні її еритроцитів у 0,44...0,48%-ий розчин NaCl. Здатність еритроцитів не зазнавати руйнування в гіпотонічних розчинах називають осмотичною стійкістю еритроцитів, або резистентністю. Вона значно вища у новонароджених і немовлят, ніж у дорослих. Осмотичний тиск плазми крові відповідає 0,9%-му розчинові NaCl. Максимальна стійкість еритроцитів у немовлят перебуває в межах від 0,3 до 0,4% NaCl, мінімальна — в межах від 0,48% до 0,52% NaCl.

Розчини, які за своїм якісним складом і концентрацією солей відповідають складові плазми, називають фізіологічними розчинами. Вони ізотонічні. Такі рідини використовують як заміники крові при крововтратах.

Незважаючи на те що в кров може надходити різна кількість води і мінеральних солей, осмотичний тиск крові підтримується на постійному рівні діяльністю нирок, потових залоз, через які з організму видаляються вода, солі та інші продукти обміну речовин.

**Реакція крові.** Плазма крові має не тільки сталий осмотичний тиск і визначений якісний склад солей, в ній підтримується сталість реакції. Практично реакція середовища визначається концентрацією водневих іонів. Для характеристики реакції середо-

вища користуються водневим показником (рН). (Водневий показник — логарифм концентрації водневих іонів із зворотним знаком). Для дистильованої води величина рН становить 7,07, кисле середовище характеризується рН менше 7,07, а лужне — більше 7,07. Кров людини при температурі тіла 37° С має рН 7,36. Активна реакція крові слабколужна.

Сталість реакції крові підтримується буферними речовинами (гемоглобін, кислі солі вугільної кислоти, солі фосфорної кислоти та білки крові), які містяться в ній, а також діяльністю легень, через які із організму видаляється вуглекислий газ; через нирки і потові залози виводиться надлишок речовин, що мають кислу або лужну реакцію.

**Білки плазми крові.** Із органічних речовин плазми крові найбільше значення мають білки. Більша частина їх синтезується в печінці.

Білки плазми впливають на водний обмін між кров'ю і тканинною рідиною, підтримують водно-сольову рівновагу в організмі. Цю роль виконують білки альбуміни. Білки беруть участь в утворенні захисних імунних тіл, зв'язують і знешкоджують отруйні речовини, що проникають в організм. Всі антитіла-білки належать до групи глобулінів. Це в основному гамма-глобуліни. Тому гамма-глобуліни тепер широко застосовуються як лікувальні препарати, що зміцнюють захисні сили організму.

Білок плазми фібриноген — основний фактор зсідання крові. Його легко виділити із плазми в осад. Плазму, позбавлену фібриногену, називають сироваткою крові. Сироватка, на відміну від плазми, не зсідається.

Білки надають крові необхідної в'язкості, що важливо для підтримання тиску крові на постійному рівні.

**Зсідання крові.** Поки кров тече по нешкоджених кровоносних судинах, вона залишається рідкою. Але варто поранити судину, як досить швидко утворюється згусток. Кров'яний згусток (тромб), ніби пробка, закупорює ранку, кровотеча припиняється, і ранка поступово загоюється. Якби кров не зсідалася, людина могла б загинути від найменшої подряпини.

Кров людини, випущена із кровносною судини, зсідається протягом 3...4 хв.

Зсідання крові — важлива захисна реакція організму, яка запобігає крововтраті й таким чином зберігає сталість об'єму циркулюючої крові.

В основі зсідання крові лежить зміна фізико-хімічного стану розчиненого в плазмі крові білка фібриногену. Фібриноген у процесі зсідання крові перетворюється на нерозчинний фібрин. Фібрин випадає у вигляді тонких ниток. Нитки фібрину утворюють густу дрібновічкову сітку, в якій затримуються формені елементи. Утворюється згусток, або тромб. Поступово відбувається ущільнення кров'яного згустка. Ущільнюючись, він стягує краї рани і цим сприяє її загоюванню. При ущільненні

згустка в нього видавлюється прозора жовтувата рідина — сироватка.

В ущільненні згустка важлива роль належить тромбоцитам, в яких міститься речовина, що сприяє стисненню згустка. Цей процес нагадує зсідання молока, де білком, який зсідається, є казеїн; при утворенні сиру, як відомо, теж відділяється сироватка. В міру загоювання рани згусток фібрину розчиняється і розсмоктується.

В 1861 р. професор Юр'ївського (тепер Тартуського) університету А. А. Шмідт встановив, що процес зсідання крові є ферментативний.

Перетворення розчиненого в плазмі крові білка фібриногену в нерозчинний білок фібрин відбувається під впливом ферменту тромбіну. В крові постійно міститься неактивна форма тромбіну — протромбін, який утворюється в печінці. Протромбін перетворюється в активний тромбін під впливом тромбопластину в присутності солей кальцію. Солі кальцію є в плазмі крові, а тромбопластину в циркулюючій крові нема. Він утворюється при руйнуванні тромбоцитів або при пошкодженні інших клітин тіла. Утворення тромбопластину також складний процес. Крім тромбоцитів, в утворенні тромбопластину беруть участь ще деякі білки плазми крові. Відсутність у крові деяких білків різко позначається на процесі зсідання крові. Якщо в плазмі крові відсутній один із глобулінів (великомолекулярних білків), то настає захворювання гемофілія, або кровоточивість. У людей, які страждають на гемофілію, різко знижена здатність крові зсідатися. Навіть невеликі поранення можуть спричинити у них небезпечну кровотечу. За останні 30 років наука про зсідання крові збагатилася багатьма даними. Відкрито ряд факторів, які беруть участь у зсіданні крові.

Процес зсідання крові регулюється нервовою системою і гормонами залоз внутрішньої секреції. Він може, як і кожний ферментативний процес, прискорюватися і уповільнюватися. Якщо при кровотечах велике значення має здатність крові зсідатися, то не менш важливо, щоб вона, циркулюючи в кров'яному руслі, залишалася рідкою. Патологічні стани, які ведуть до внутрішньосудинного зсідання крові і утворення там тромбів, не менше небезпечні для хворого, ніж кровоточивість. Загальновідомі такі захворювання, як тромбоз вінцевих судин серця (інфаркт міокарда), тромбози мозкових судин, легеневої артерії тощо.

В організмі утворюються речовини, які запобігають зсіданню крові. Такі властивості є у гепарину, що міститься в клітинах легень і печінки. В сироватці крові виявлено білок фібринолізин — фермент, який розчиняє фібрин, що утворився в крові. В крові, отже, одночасно є дві системи: одна зумовлює зсідання, друга діє проти зсідання. При певній рівновазі цих систем кров всередині судин не зсідається. При пораненнях і деяких захворюваннях рівновага порушується, що й приводить до



зсідання крові. Гальмують зсідання крові солі лимонної і шавлевої кислот, осаджуючи необхідні для зсідання солі кальцію. В шийних залозах медичних п'явок утворюється гірудин, який дуже діє проти зсідання. Речовини, які діють проти зсідання, широко застосовуються в медицині.

Зсідання крові у дітей у перші дні після народження уповільнене, особливо це помітно на другий день життя дитини. З третього по сьомий день життя зсідання крові прискорюється і наближається до норми дорослих.

У дітей дошкільного і шкільного віку час зсідання крові має широкі індивідуальні коливання. В середньому початок зсідання настає через 1...2 хв, кінець зсідання — через 3...4 хв.

### **Еритроцити**

**Форма і кількість еритроцитів.** У людини і багатьох ссавців еритроцити, або червоні кров'яні тільца, являють собою без'ядерні клітини двовгнутої форми. Вони еластичні, що допомагає проходити їм по вузьких капілярах. Діаметр еритроцита людини 7...8 мкм, а товщина — 2...2,5 мкм. Відсутність ядра і форма двовгнутої лінзи (поверхня двовгнутої лінзи в 1,6 раза більша за поверхню кулі) збільшують поверхню еритроцитів, а також забезпечують швидку і рівномірну дифузію кисню всередину еритроцита.

В крові людини і вищих тварин молоді еритроцити мають ядра. В процесі дозрівання еритроцитів ядра зникають.

Загальна поверхня всіх еритроцитів людини понад 3000 м<sup>2</sup>, що в 1500 разів перевищує поверхню її тіла.

Загальна кількість еритроцитів, які містяться в крові людини, величезна. Вона приблизно в 10 тис. разів більша населення нашої планети. Якби розмістити всі еритроцити людини в один ряд, то вийшов би ланцюжок довжиною близько 150 000 км; якби покласти еритроцити один на один, то утворилася б колона висотою, що перевищує довжину екватора земної кулі (50 000...60 000 км).

В 1 мм<sup>3</sup> крові міститься від 4 до 5 млн. еритроцитів (у жінок — 4,0...4,5 млн., у чоловіків — 4,5...5,0 млн.). Кількість еритроцитів не завжди однакова. Вона може значно збільшуватися при нестачі кисню на великих висотах, при м'язовій роботі. У людей, які живуть у високогірних районах, еритроцитів приблизно на 30% більше, ніж у жителів морського узбережжя. При переїзді з низовинних районів у високогірні кількість еритроцитів у крові збільшується. Коли ж потреба в кисні зменшується, кількість еритроцитів у крові знижується.

Вміст еритроцитів у 1 мм<sup>3</sup> крові змінюється з віком (табл. 7).

В крові новонароджених еритроцитів до 7 200 000 в 1 мм<sup>3</sup>, що пов'язують з недостатнім постачанням киснем плода в останні дні ембріонального періоду і під час пологів. Після на-

Таблиця 7. Вікові зміни кількості еритроцитів

Вік	Кількість еритроцитів у 1 мм <sup>3</sup> крові	
	середня	коливання
При народженні	5 250 000	4 500 000...6 000 000
1-й день життя	6 000 000	5 000 000...7 500 000
1-й місяць життя	4 700 000	3 500 000...5 600 000
6-й місяць життя	4 100 000	3 500 000...5 000 000
2...4 роки	4 600 000	4 000 000...5 200 000
10...15 років	4 800 000	4 200 000...5 300 000
Дорослі	5 000 000	4 000 000...5 500 000

родження умови газообміну поліпшуються, частина еритроцитів розпадається, а гемоглобін, що міститься всередині їх, перетворюється на пігмент білірубін. Утворення великої кількості білірубину може стати причиною так званої жовтяниці новонароджених, коли шкіра і слизові оболонки забарвлюються в жовтий колір.

Кров новонароджених містить значну кількість незрілих форм еритроцитів, є еритроцити, які мають ядро (до 600 в 1 мм<sup>3</sup> крові). Наявність незрілих форм еритроцитів вказує на процеси кровотворення, які інтенсивно відбуваються після народження. Еритроцити новонароджених різного розміру, їхній діаметр коливається від 3,25 до 10,25 мкм. Після місяця життя в крові дитини зустрічаються лише поодинокі ядерні еритроцити.

Середня тривалість життя еритроцитів 100...120 діб. Руйнуються старі еритроцити в селезінці і частково в печінці.

**Значення еритроцитів.** Основна функція еритроцитів — перенесення кисню від легень до всіх клітин тіла. Гемоглобін, який міститься в еритроцитах, легко сполучається з киснем і легко віддає його в тканинах. Важлива роль гемоглобіну й у видаленні вуглекислого газу із тканин. Отже, еритроцити підтримують відносну сталість газового складу крові.

**Гемоглобін.** До складу еритроцитів входить білкова речовина — гемоглобін (понад 90%), яка надає крові червоного кольору. Гемоглобін складається з білкової частини — глобіну і небілкової речовини — гема (простетична група), яка містить двовалентне залізо. В капілярах легень гемоглобін сполучається з киснем, утворюючи оксигемоглобін. Своїй властивості сполучатися з киснем гемоглобін зобов'язаний гему, а точніше, присутності в його складі двовалентного заліза.

В капілярах тканин оксигемоглобін легко розпадається з вивільненням кисню і гемоглобіну. Цьому сприяє високий вміст у тканинах вуглекислого газу.

Оксигемоглобін має яскраво-червоний колір, а гемоглобін темно-червоний. Цим пояснюється відмінність у забарвленні венозної і артеріальної крові. Оксигемоглобін має властивості слабкої кислоти, завдяки чому підтримується сталість реакції крові (рН).

Гемоглобін здатний утворювати сполуку із вуглекислим газом. Цей процес відбувається в капілярах тканин. У капілярах легень, де вміст вуглекислого газу значно менший, ніж у капілярах тканин, сполука гемоглобіну з вуглекислим газом розпадається. Отже, гемоглобін бере участь у перенесенні вуглекислого газу.

Найміцнішу сполуку гемоглобін утворює із чадним газом (СО). З ним гемоглобін утворює сполуку легше, ніж із киснем. Тому при вмісті в повітрі 0,1% чадного газу більше половини гемоглобіну крові сполучається з ним, у зв'язку з чим клітини і тканини не забезпечуються необхідною кількістю кисню. В результаті кисневого голодування з'являється м'язова квалість, втрата свідомості, судороги і може настати смерть. Перша допомога при отруєнні чадним газом — забезпечити приплив свіжого повітря, напоїти постраждалого міцним чаєм, а далі необхідна медична допомога.

В 100 мл крові дорослої людини міститься 13...16 г гемоглобіну. Як же це розуміти? Часто ж говорять, що вміст гемоглобіну в крові становить 65...80%. Але справа в тому, що в медичній практиці за 100% беруть вміст гемоглобіну, який дорівнює 16,7 г в 100 см<sup>3</sup> крові. Звичайно в крові дорослої людини міститься не 100% гемоглобіну, а трохи менше — 60...80%. Отже, якщо в аналізі крові записано «80 одиниць гемоглобіну», то це означає, що в 100 мл крові міститься 80% від 16,7 г, тобто близько 13,4 г гемоглобіну.

Високий вміст гемоглобіну (понад 100%) і велика кількість еритроцитів спостерігаються в новонароджених; до 5...6-го дня життя ці показники знижуються, що пов'язане з кровотворною функцією кісткового мозку. Потім до 3...4 років кількість гемоглобіну й еритроцитів трохи збільшується, в 6...7 років наростання кількості еритроцитів і вмісту гемоглобіну уповільнюється, з 8-річного віку знову наростає кількість еритроцитів і кількість гемоглобіну.

Зниження числа еритроцитів нижче 3 млн. і кількості гемоглобіну нижче 60% свідчить про наявність анемічного стану (недокрів'я).

Треба зазначити, що вміст гемоглобіну в крові зазнає змін і залежить від кількості еритроцитів, харчування, тривалості перебування на повітрі тощо.

**Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ).** Якщо кров уберегти від зсідання і залишити на кілька годин у капілярних трубочках, то еритроцити, що містяться в крові, внаслідок ваги почи-

нають осідати. Вони осідають з певною швидкістю. У жінок вона становить 7...12 мм/год, а в чоловіків — 3...9 мм/год.

У новонароджених швидкість осідання еритроцитів низька (від 1 до 2 мм/год). У дітей до 3 років величина ШОЕ коливається в межах від 2 до 17 мм/год. У віці від 7 до 12 років величина ШОЕ не перевищує 12 мм/год.

Визначення швидкості осідання еритроцитів має важливе діагностичне значення в медицині. При туберкульозі, різних запальних процесах в організмі швидкість осідання еритроцитів підвищується. Це пов'язано з тим, що при запальних процесах у крові збільшується кількість білків глобулінів; глобуліни адсорбуються еритроцитами, що змінює властивості їхньої поверхні і приводить до прискорення ШОЕ.

## Лейкоцити

**Форма і кількість лейкоцитів.** Лейкоцити, або білі кров'яні тільця,— це безбарвні клітини, які містять ядра різноманітної форми. В 1 мм<sup>3</sup> крові здорової людини міститься близько 6000...8000 лейкоцитів.

При розгляданні в мікроскоп мазка пофарбованої крові можна помітити, що лейкоцити мають різноманітну форму. Розрізняють дві групи лейкоцитів: зернисті і незернисті. У перших у цитоплазмі містяться дрібні зернята (гранули), які фарбуються різними барвниками в синій, червоний або фіолетовий колір. У незернистих форм лейкоцитів таких гранул нема.

Серед незернистих лейкоцитів розрізняють лімфоцити (круглі клітини з дуже темними, округлими ядрами) і моноцити (клітини більшого розміру, з ядрами неправильної форми).

Зернисті лейкоцити по-різному реагують на різні барвники. Якщо зернята цитоплазми краще фарбуються основними (лужними) фарбами, то такі форми називають базофілоцитами, якщо кислими,— ацидофілоцитами (еозинофілами), а якщо цитоплазма фарбується нейтральними фарбами,— нейтрофілоцитами.

Між окремими формами лейкоцитів існує певне співвідношення. Співвідношення різних форм лейкоцитів, виражене в процентах, називають лейкоцитарною формулою (табл. 8).

При деяких захворюваннях спостерігаються характерні зміни співвідношення окремих форм лейкоцитів. У разі глистової інвазії збільшується кількість ацидофілоцитів, при запаленнях зростає кількість нейтрофілоцитів, при туберкульозі часто відмічається збільшення кількості лімфоцитів.

Часто лейкоцитарна формула змінюється протягом захворювання. В період загострення інфекційного захворювання, при важкому перебігові хвороби, ацидофілоцити можуть не виявлятися в крові, а з початком одужання, ще до помітних ознак поліпшення стану хворого, їх чітко видно під мікроскопом.

Таблиця 8. Лейкоцитарна формула крові здорової людини

Зернисті лейкоцити			Незернисті лейкоцити	
базофілоцити	ацидофілоцити	нейтрофілоцити	лімфоцити	моноцити
	Граничні коливання (в %)			
0...1	3...5	57...73	25...35	3...5
	Абсолютні кількості в 1 мм <sup>3</sup> крові			
35...70	140...350	420...5250	1750...2450	350...560

Кількість лейкоцитів у крові може змінюватися. Після прийняття їжі, важкої м'язової роботи вміст цих клітин у крові збільшується. Особливо багато лейкоцитів з'являється в крові при запальних процесах.

У новонародженого лейкоцитів значно більше, ніж у дорослої людини (до 20 000 в 1 мм<sup>3</sup> крові). В першу добу життя кількість лейкоцитів зростає (відбувається розсмоктування продуктів розпаду тканин дитини, тканинних крововиливів, можливих під час пологів) до 30 000 в 1 мм<sup>3</sup> крові.

З другої доби життя кількість лейкоцитів знижується і до 7...12-го дня досягає 10 000...12 000. Така кількість лейкоцитів зберігається у дітей першого року життя, після чого вона знижується і до 13...15 років дорівнює кількості лейкоцитів у дорослої людини. Чим менше вік дитини, тим її кров містить більше незрілих форм лейкоцитів.

Лейкоцитарна формула також має свої вікові особливості: високий вміст лімфоцитів і мала кількість нейтрофілів у перші роки життя поступово вирівнюються, досягаючи до 5...6 років майже однакових величин. Після цього процент нейтрофілоцитів неухильно зростає, а процент лімфоцитів знижується (табл. 9).

Малим вмістом нейтрофілів, а також недостатньою їхньою зрілістю почасти пояснюється велика сприйнятливість дітей молодшого віку до інфекційних хвороб. У дітей перших років життя до того ж фагоцитарна активність нейтрофілів найнижча.

Тривалість життя більшості форм лейкоцитів 2...4 дні. Утворюються лейкоцити в червоному кістковому мозкові, селезінці і лімфатичних вузлах.

**Значення лейкоцитів.** Основна функція лейкоцитів — захист організму від мікроорганізмів, чужорідних білків, сторонніх тіл, які проникають у кров і тканини.

Лейкоцити мають здатність самостійно рухатися, випускаючи псевдоніжки (псевдоподії). Вони можуть залишати кровеносні судини, проникаючи через судинну стінку, і рухатися між

Т а б л и ц я 9. Вікова характеристика лейкоцитарної формули (%)

Вік, роки	Нейтрофілоцити	Моноцити	Лімфоцити
1...2	34,5	11,5	50,0
4...5	45,5	9,0	44,5
6...7	46,5	9,5	42,0
7...8	44,5	9,0	45,0
8...9	49,5	8,5	39,5
9...10	51,5	8,0	38,5
10...11	50,0	9,5	36,0
11...12	52,5	9,0	36,0
12...13	53,5	8,5	35,0
13...14	56,5	8,5	32,0
14...15	60,5	9,0	28,0

клітинами різних тканин організму. При уповільненні руху крові лейкоцити прилипають до внутрішньої поверхні капілярів і у великій кількості залишають судини, протискуючись між клітинами ендотелію капілярів. На шляху свого руху вони захоплюють і піддають внутрішньоклітинному перетравлюванню мікроби та інші сторонні тіла. Лейкоцити активно проникають через непошкоджені судинні стінки, легко проходять крізь мембрани, переміщуються в сполучній тканині під дією різних хімічних речовин, які утворюються в тканинах.

В кровеносних судинах лейкоцити переміщуються вздовж стінок, інколи навіть проти течії крові. Швидкість руху не всіх клітин однакова. Найшвидше рухаються нейтрофілоцити — близько 30 мкм на хвилину, лімфоцити і базофілоцити переміщуються повільніше. При захворюваннях швидкість руху лейкоцитів, як правило, зростає. Це пов'язане з тим, що хвороботворні мікроби, які проникли в організм, в результаті життєдіяльності виділяють отруйні для людини речовини — токсини. Вони і викликають прискорений рух лейкоцитів.

Наблизившись до мікроорганізму, лейкоцити псевдоніжками обволікають його і втягують всередину цитоплазми (рис. 45). Один нейтрофілоцит може поглинути 20...30 мікробів. Через годину всі вони виявляються перетравленими всередині нейтрофілоцита. Це відбувається за участю спеціальних ферментів, які руйнують мікроорганізми.

Якщо стороннє тіло за своїми розмірами перевищує лейкоцит, то навколо нього накопичуються групи нейтрофілоцитів, утворюючи бар'єр. Перетравлюючи або розтоплюючи це стороннє тіло разом з тканинами, що оточують його, лейкоцити гинуть. В результаті навколо стороннього тіла утворюється гнояк, який через деякий час розривається, і його вміст викидається з організму. Із зруйнованими тканинами і загиблими лейкоцитами викидаються також сторонні тіла, які проникли в організм.



Рис. 45. Фагоцитоз бактерії лейкоцитом (три послідовні стадії).

Поглинання і перетравлення лейкоцитами різних мікробів, найпростіших організмів і різних сторонніх речовин, які потрапляють в організм, називають фагоцитозом, а самі лейкоцити — фагоцитами.

Явище фагоцитозу було вивчене І. І. Мечниковим. Свое перше спостереження І. І. Мечников зробив на порівняно простих організмах — личинках морських зірок. Він

помітив, що скалка в тілі личинки морської зірки швидко оточується рухливими клітинами.

Те ж саме відбувається і в людини, яка заскалить собі палець. Навколо скалки скупчується велика кількість білих кров'яних тілець, а зовні це виявляється утворенням білого пухирця, який складається із скупчення загиблих лейкоцитів — гною.

Ще важливіше спостереження зробив І. І. Мечников на прісноводних рачках — дафніях. Він установив, що коли спори мікроскопічного грибка проникають крізь стінку кишечника і потрапляють в порожнину тіла, до них кидаються рухливі клітини, які захоплюють їх і перетравлюють. В результаті цього захворювання не розвивається. Якщо у тіло дафнії надходить багато спор, то фагоцити із своїм завданням не справляються, спори проростають, що приводить до захворювання і загибелі тварин.

Ці спостереження послужили Мечникову підставою висловити гіпотезу, що у вищих організмів, у тому числі й в людини, фагоцитарні клітини здійснюють захист від хвороботворних агентів. Мечников встановив, що фагоцитарну функцію виконують клітини двох категорій: рухливі білі кров'яні тільця (лімфоцити, моноцити) і нерухомі клітини, які містяться в лімфатичних вузлах, внутрішній стінці судин, селезінці, печінці, кістковому мозкові та інших органах.

Важливу роль виконують лейкоцити також у звільненні організму од відмерлих клітин. У людини постійно відбувається процес старіння і відмирання клітин і народження нових. Якби відмерлі клітини не знищувалися, то організм був би отруєний продуктами розпаду.

Фагоцитоз — захисна реакція організму, яка сприяє збереженню сталості його внутрішнього середовища.

Лімфоцити, які утворюються в лімфатичних вузлах і селезінці, циркулюють у крові 100...200 днів. Вважають, що лімфо-

цити беруть участь в реакціях імунітету в організмі, знешкоджують мікроби, які проникли в організм, і їхні отрути (токсини).

### **Тромбоцити**

**Тромбоцити** людини — це плазматичні утворення овальної або округлої форми діаметром 2...5 мкм. У людини вони не мають ядер і являють собою цитоплазматичні осколки гігантських клітин кісткового мозку. В електричному мікроскопі тромбоцити мають вигляд зірчастих утворень з ниткоподібними відростками.

В 1 мм<sup>3</sup> крові людини міститься від 200 000 до 400 000 тромбоцитів.

Кількість тромбоцитів у крові змінюється. Вдень їх більше, а вночі менше. Після важкої м'язової роботи кількість кров'яних пластинок збільшується у 3...5 разів.

Утворюються тромбоцити в червоному кістковому мозку і селезінці. Тривалість життя тромбоцитів 5...7 днів. Руйнування їх відбувається в селезінці.

Основна функція тромбоцитів пов'язана з їхньою участю у зсіданні крові. При пораненні кровоносних судин тромбоцити руйнуються. При цьому з них виходять у плазму речовини, необхідні для формування кров'яного згустка — тромба. Характерною властивістю тромбоцитів є їхня здатність прилипати і розпластуватися на сторонній і шорсткій поверхні (скло, пошкоджена кровоносна судина). Пластинки при цьому різко збільшуються у розмірах (в 5...10 разів), ніби розтягуються. Із округлої вони набувають зірчастої форми з численними витягнутими відростками. Варто лише пошкодити дрібну кровоносну судину, як пластинки негайно налипають, збираються до купки, склеюються і дуже швидко утворюють білий тромб, своєрідну біологічну пробку, що сприяє припиненню кровотечі. Потім навколо цього тромба осідають нитки фібрину, а також еритроцити. Тромб змінює свій колір, стає червоним. Як правило, утворення тромба супроводжується звуженням кровоносних судин. Цьому сприяє особлива судинозвужувальна речовина, яка виділяється при руйнуванні кров'яних пластинок, — серотонін.

Шляхом двоступінчастого центрифугування крові тромбоцити вдається відділити від плазми, еритроцитів і лейкоцитів. Щоб запобігти руйнуванню тромбоцитів, центрифугування роблять на холоді, а одержану у вигляді білої плівки тромбоцитарну масу зберігають у спеціальному консервуючому розчині. Тромбоцитарну масу застосовують у медичній практиці для зупинення кровотеч.



У новонароджених тромбоцитів від 150 000 до 350 000 в 1 мм<sup>3</sup> крові, немовлят — від 150 000 до 424 000. У віці від 1 до 16 років тромбоцитів від 200 000 до 300 000.

## Імунітет

**Захисні фактори організму.** Людина живе в оточенні найрізноманітніших мікробів, у тому числі хвороботворних бактерій і вірусів. Багато з них знаходиться в організмі хворих тварин і людей, від яких вони можуть тим чи іншим шляхом передаватися до здорових. Наприклад, від хворих тварин людина при вживанні сирого молока може заразитися бруцельозом або ящуром. Збудники правця, які містяться в ґрунті, крізь пошкоджені тканини можуть проникнути в організм і спричинити важкі захворювання.

Добре відомі інфекції, які передаються повітряно-краплинним шляхом (при кашлі, чиханні, голосній розмові тощо). Так люди заражаються грипом, туберкульозом та іншими інфекціями.

Проте життєвий досвід свідчить, що людина значно частіше заражається, ніж хворіє, тобто, іншими словами, зараження не завжди спричинює захворювання. Очевидно, в організмі є фактори і механізми, які запобігають розвиткові інфекції.

В боротьбі з інфекцією організм використовує два види факторів захисту: неспецифічні (загальнозахисні) і специфічні.

До неспецифічних факторів можна віднести шкіру і слизові оболонки, що є бар'єром, який затримує сторонні предмети і не допускає їх у внутрішнє середовище організму. До неспецифічних факторів належать і клітини-пожирачі — фагоцити. Фагоцити містяться в крові, а також у різних органах (в лімфатичних вузлах, кістковому мозкові, селезінці тощо).

Загальнозахисним факторам не властива виражена вибірна (специфічна) дія на збудників інфекції, вони перешкоджають їхньому проникненню в організм і перебуванню там, при цьому особливість кожного збудника не має істотного значення.

Вирішальними факторами в боротьбі з інфекціями є специфічні фактори, які виробляються в організмі. Вони зумовлюють специфічну несприйнятливість організму до тієї інфекції, проти якої вони вироблені. Цю форму захисту називають імунітетом. Специфічність імунітету виражається в тому, що він зумовлює захист лише проти однієї і зовсім не впливає на ступінь сприйнятливості даного індивіда до інших інфекцій. Так, речовини, що виробилися проти збудника коклюшу, безсилі проти збудника скарлатини тощо.

**Антитіла і антигени.** Імунний процес — це відповідь організму на певного роду подразнення, на вторгнення стороннього агента — антигена.

Під антигеном звичайно розуміють не властиві даному організмові сполуки (найчастіше білки), які проникли в його внут-

рішше середовище, минуючи травний канал. Сторонніми можуть стати також власні білки, коли при інфекційних захворюваннях, отруєннях або інших впливах на організм в ураженому органі відбуваються зміни в структурі і властивостях тих або інших білкових сполук, які стають ніби сторонніми для організму, тобто набувають щодо нього антигенних властивостей. Оскільки такі антигени не привносяться ззовні, їх назвали аутоантигенами, а антитіла, які утворюються,— аутоантитілами. Утворення антитіл було виявлене при деяких захворюваннях крові, опіках, ревматизмі.

Антигенні властивості мають всі білки, а також деякі полісахариди і речовини змішаної природи. Антигенами можуть бути живі тіла (наприклад, хвороботворні бактерії) і певні хімічні речовини, які перебувають у розчиненому стані. Антигенів нараховується сотні тисяч.

Захищаючи організм від нашествия антигенів, кров виробляє особливі білкові тіла — антитіла (протитіла), які знешкоджують антигени, вступаючи з ними в реакції найрізноманітнішого характеру.

Тепер добре відома хімічна природа антитіл. Всі вони є специфічні білки — гамма-глобуліни. Антитіла утворюються клітинами лімфатичних вузлів, селезінки, кісткового мозку та ін. Звідси вони проникають у кров і циркулюють в організмі.

Найактивніше виробляють антитіла лімфоцити і моноцити. Захисні речовини (антитіла) по-різному діють на хвороботворні мікроби або сторонні речовини, які проникли в організм. Одні антитіла склеюють мікроорганізми, другі осаджують склеєні частинки, а треті руйнують, розчиняють їх. Такі антитіла називають преципітинами. Антитіла, які розчиняють бактерії, дістали назву бактеріолізинів. Антитіла, які нейтралізують отрути (токсини) бактерій, змій, отрути деяких рослин, дістали назву антитоксинів, тобто специфічних протиотрут.

Виступам (або позитивним зарядам) на поверхні антитіла відповідають заглибини (або негативні заряди) на поверхні антигена і навпаки. Тому при зустрічі цих речовин утворюється біологічно нейтральний комплекс антиген — антитіло. В результаті цього отрута знешкоджується, нейтралізується. Антитіла ніби прикривають собою найактивнішу отруйну частину молекули антигена. Утворений нейтральний комплекс антиген — антитіло під дією клітин-фагоцитів зазнає руйнування і розпаду на простіші сполуки, які вже не загрожують організму.

Захисним речовинам (антитілам) притаманна специфічність. Вони діють згубно тільки на той мікроб або його отруту чи на сторонній білок, який був причиною їхнього утворення.

Все це, зрозуміло, відбувається в тому випадку, якщо організм був задалегідь імунізований і встиг активно виробити специфічні гамма-глобуліни, або ж йому були своєчасно введені уже готові антитіла, одержані від імунізованих тварин або

людей. Інакше отрута може подіяти швидше і отруїти організм раніше, ніж він почне виробляти протитотруту.

З точки зору сучасної імунології процес «імуної відповіді» на введений сторонній білок (антиген) багатоступінчастий і в основному формується в лімфоїдній тканині. Антиген, який потрапив в організм (наприклад, мікроб, вірус), затримується найближчими до місця його проникнення лімфатичними вузлами — бар'єром на шляху інфекції. Це є сигналом до утворення тут макрофагів — великих фагоцитів, які беруть активну участь у пожиранні і переробленні антигена, що потрапив сюди.

Чи звертали ви увагу на запальну реакцію в лімфатичному вузлі в пахві, якщо є інфікована рана на пальці? Це ж одна із форм захисту організму — бар'єрна функція лімфатичної системи. Другий спосіб знешкодження антигена, досконаліший, — утворення специфічних антигенних «протитотрут» — антитіл.

**Природжений і набутий імунітет.** На грип хворіють люди, але не хворіє багато тварин; водночас у тварин відомі захворювання, до яких люди несприйнятливі. Ця несприйнятливість до того або іншого збудника хвороби має назву видового, або природженого, імунітету. Його набувають від народження, успадковують від батьків. Спадковим імунітетом пояснюється несприйнятливість людини до збудника чуми рогової худоби. Імунні речовини можуть через плаценту проникати від матері до плода. Деякі імунні речовини новонароджені одержують з материнським молоком. Відомо, що протягом перших місяців життя діти це хворіють на кір, поліомієліт (дитячий параліч) та інші інфекційні захворювання.

Імунітет може вироблятися у людини після перенесення інфекційного захворювання. Це набутий імунітет. Після одужання в крові людини залишаються захисні речовини проти збудника хвороби, яку вона перенесла. Якщо тепер збудник цієї хвороби проникне в кров людини, то він і отрута, що ним виділяється, будуть знешкоджені відповідними імунними тілами і хвороба не розвинеться. Ось чому люди, перехворівши в дитинстві на коклюш, кір, звичайно не захворюють на них вдруге.

Несприйнятливість до того або іншого захворювання, одержану організмом у спадок або набуту в результаті перенесеного захворювання, називають природним імунітетом. Природний імунітет міцний, тримається багато років.

Імунітет можна викликати штучно. Для цього в організм вводять ослаблені або убиті збудники тієї чи іншої хвороби. Ослаблена таким чином отрута збудників хвороби веде до вироблення проти неї відповідних речовин (антитоксинів). У цьому разі організм бере активну участь в створенні несприйнятливості до тієї або іншої хвороби. Прикладом штучного імунітету є запобіжні щеплення.

В медичній практиці широко користуються пасивною імунізацією. При цьому захворілій людині вводять сироватку крові пе-

рехворілих людей або тварин. У такій сироватці є вже готові імунні тіла проти збудників хвороби. Коли дитина захворіє на кір, їй вводять сироватку крові людини, яка перехворіла на кір. У ній містяться антитіла проти збудників кору. Таку саму роль виконує протидифтерійна сироватка, яка містить готові імунні речовини проти збудника дифтерії. Готують її із сироватки крові коней, яким попередньо вприснули під шкіру отруту дифтерійних мікробів. У крові коня виробляються імунні тіла проти збудників дифтерії. Їх і вводять разом із сироваткою конячої крові хворій на дифтерію людині або з метою профілактики від цього захворювання. Імунітет, який набувається шляхом запобіжних щеплень або введення лікувальних сироваток, називають штучним. Ця форма імунітету менш тривка, ніж природний імунітет.

Відомо, що запобігти хворобі легше, ніж лікувати. Саме тому велика роль запобіжних щеплень у зниженні захворюваності на віспу, дифтерію, коклюш та інші інфекційні хвороби.

Імунітет може бути нестійким. При цьому організм втрачає імунологічні властивості, і тоді при попаданні в нього збудників тієї чи іншої хвороби він може знову захворіти. Тому щеплення з приводу деяких інфекцій (віспа, поліомієліт) повторюють через певні строки.

**Формування імунних реакцій у процесі розвитку дитини.** В ембріональному періоді антитіла в організмі плода не виробляються. В перші 3 місяці після народження діти майже повністю несприйнятливі до інфекційних захворювань. Несприйнятливість пояснюється наявністю імунних тіл, одержаних плодом від матері. Гамма-глобулін — носій антитіл передається через плаценту плоду від матері. Допомагають несприйнятливості також антитіла, що надходять у грудному періоді з молоком матері. Крім того, несприйнятливість новонароджених дітей до деяких захворювань пов'язана з недостатньою зрілістю організму, особливо його нервової системи. В цьому віці в кістковому мозку дітей і лімфатичних вузлах нема зрілих клітин, які продукують антитіла, не синтезується гамма-глобулін. Неспецифічні фактори захисту в ранньому віці більш виражені, ніж у дітей старшого віку.

У міру дозрівання організму, його нервової системи дитина поступово набуває все стійкіших імунологічних властивостей. До другого року життя виробляється уже значна кількість імунних тіл. Помічено, що у дітей, які виховуються в колективах, швидше формуються імунні реакції. Це пояснюється тим, що в колективі дитина зазнає прихованої імунізації: попадання в організм дитини від захворілих дітей малої дози збудника не спричиняє в неї захворювання, збудник швидше гине, але організм на нього встигає виробити антитіла. Якщо це повторюється кілька разів, то виробляється імунітет до цього захворювання.

До 10 років імунні властивості організму виражені добре, далі вони тримаються на відносно сталому рівні і починають знижуватися після 40 років.

Неабияку роль у формуванні імунних реакцій організму відіграють профілактичні щеплення<sup>1</sup>. Ось календар основних щеплень і строки їх повторення (ревакцинація):

1. Проти туберкульозу — вперше на 5...7-й день життя.  
Ревакцинація в 7, 12 і 17 років.
2. Проти поліомієліту — вперше в 2 місяці.  
Ревакцинація в 1,2 і 3 роки, потім у 7 і 15...16 років.
3. Проти дифтерії, коклюшу — вперше в 5...6 місяців.  
Ревакцинація в 2...3 роки і в 6 років (перед школою).
4. Проти кору — в 10 місяців одноразово і всім дітям до 8 років, які не були вакциновані і не хворіли на кір.

### **Кровообіг**

**Значення кровообігу.** Кров може виконувати життєво необхідні функції, перебуваючи в безперервному русі. Рух крові в організмі, її циркуляція становлять суть кровообігу.

Система органів кровообігу підтримує сталість внутрішнього середовища організму. Завдяки кровообігу до всіх органів і тканин надходять кисень, поживні речовини, солі, гормони, вода і виводяться із організму продукти обміну. Через малу теплопровідність тканин передача тепла від органів людського тіла (печінка, м'язи тощо) до шкіри і в навколишнє середовище здійснюється головним чином за рахунок кровообігу.

Діяльність всіх органів і організму в цілому тісно пов'язана з функцією органів кровообігу.

**Велике і мале кола кровообігу.** Кровообіг забезпечується діяльністю серця і кровоносних судин.

Судинна система складається із двох кіл кровообігу: великого і малого (рис. 46).

Велике коло кровообігу починається від лівого шлуночка серця, звідки кров надходить в аорту. Із аорти шлях артеріальної крові продовжується по артеріях, які в міру віддалення від серця розгалужуються, і найдрібніші з них розподіляються на капіляри, що густою сіткою пронизують весь організм. Через тонкі стінки капілярів кров віддає поживні речовини та кисень у тканинну рідину. Продукти життєдіяльності клітин при цьому із тканинної рідини надходять у кров. Із капілярів кров потрапляє у дрібні вени, які, зливаючись, утворюють більші вени і впадають у верхню і нижню порожнисті вени. Верхня і нижня порожнисті вени приносять венозну кров у праве передсердя, де закінчується велике коло кровообігу.

<sup>1</sup> У зв'язку з тим, що ліквідація віспи в глобальному масштабі практично досягнута, постановою ВООЗ з 1980 р. щеплення проти віспи відмінені (прим. редактора).

Мале коло кровообігу починається від правого шлуночка серця легеневою артерією. Венозна кров по легеневій артерії надходить до капілярів легень. У легенях відбувається обмін газів між венозною кров'ю капілярів і повітрям в альвеолах легень. Від легень по чотирьох легневих венах уже артеріальна кров повертається в ліве передсердя. В лівому передсерді закінчується мале коло кровообігу. Із лівого передсердя кров потрапляє в лівий шлуночок, звідки починається велике коло кровообігу.

**Будова серця.** Серце являє собою порожнистий м'язовий орган, поділений на чотири камери: двоє передсердь і два шлуночки. Ліва і права частини серця поділені суцільною перегородкою. Кров із передсердя в шлуночки надходить через отвори в перегородці між передсерддями і шлуночками. Отвори мають клапани, які відкриваються тільки в бік шлуночків. Клапани утворені стулками, які змикаються, і тому називаються стулковими клапанами. В лівій частині серця клапан двостулковий, у правій — тристулковий.

У місці виходу аорти з лівого шлуночка і легеневої артерії з правого шлуночка розташовані півмісяцеві клапани. Півмісяцеві клапани пропускають кров із шлуночків в аорту і легеневу артерію і перешкоджають зворотному рухові крові із судин у шлуночки.

Клапани серця забезпечують рух крові тільки в одному напрямку: із передсердь — у шлуночки, а із шлуночків — в артерії.

Розширену верхню частину серця називають основою, а звужену нижню — верхівкою.

Маса серця людини становить 250...360 г.

Серце лежить косо позад грудни. Його основа спрямована назад, вгору і праворуч, а верхівка — вниз, вперед і ліворуч. Вер-

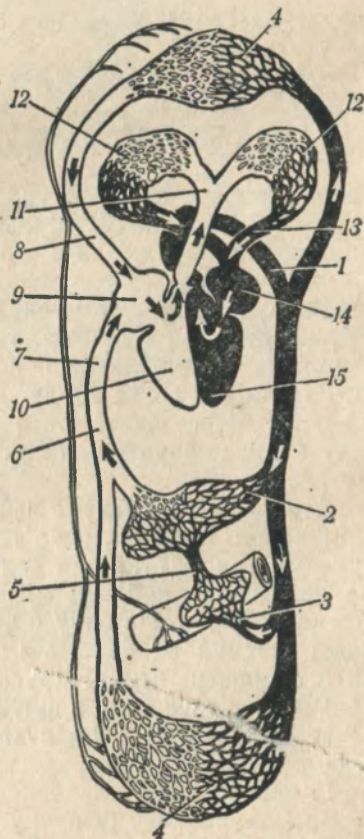


Рис. 46. Схема кровообігу людини:

1 — аорта; 2 — печінкова артерія; 3 — кишкова артерія; 4 — капілярна сітка великого кола; 5 — ворітна вена; 6 — печінкова вена; 7 — нижня порожниста вена; 8 — верхня порожниста вена; 9 — праве передсердя; 10 — правий шлуночок; 11 — легенева артерія; 12 — капілярна сітка легеневого кола; 13 — легенева вена; 14 — ліве передсердя; 15 — лівий шлуночок.

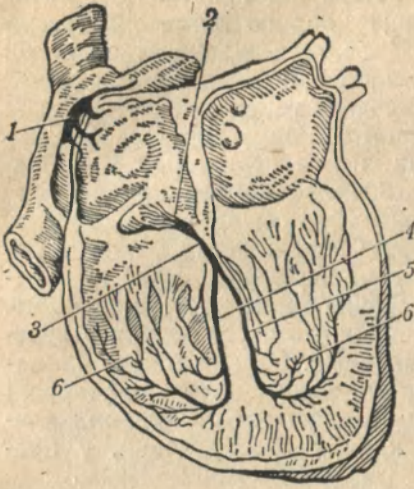


Рис. 47. Схематичне зображення провідної системи серця:

1 — синусо-передсердний вузол; 2 — передсердно-шлуночковий вузол; 3 — передсердно-шлуночковий пучок (пучок Гісса); 4 і 5 — його права і ліва ніжки; 6 — кінцеві розгалуження ніжок передсердно-шлуночкового пучка.

типова, робоча мускулатура серця. Крім того, в серцевому м'язі є атипові волокна. З діяльністю атипових волокон пов'язане виникнення збудження в серці і проведення його від передсердь до шлуночків.

Волокна атипової мускулатури відрізняються від скоротливих волокон як будовою, так і фізіологічними властивостями. В них менше виражена поперечна покресленість, зате вони мають здатність легко збуджуватися і стійкіші до впливів, які їм шкодять. Через здатність волокон атипової мускулатури проводити виникле збудження по серцю її називають провідною системою серця.

Атипова мускулатура займає за об'ємом дуже невелику частину серця. Скупчення клітин атипової мускулатури називають вузлами (рис. 47). Один із таких вузлів розташований у правому передсерді, поблизу місця впадіння (синуса) верхньої порожнистої вени. Це синусо-передсердний вузол. Тут у серці здорової людини виникають імпульси збудження, які визначають ритм скорочень серця. Другий вузол розташований на межі між правим передсердям і шлуночками в перегородці серця — передсердно-шлуночковий вузол. В цій області серця збудження поширюється з передсердь на шлуночки.

Із передсердно-шлуночкового вузла збудження іде по передсердно-шлуночковому пучку (Гісса) волокон провідної системи, який розташований у перегородці між шлуночками. Стовбур

хвітка серця прилягає до передньої грудної стінки в області V лівого міжребер'я; тут у момент скорочення шлуночків відчувається серцевий поштовх.

Основну масу стінки серця становить сильний м'яз — міокард, який складається із особливої поперечносмугастої м'язової тканини. Товщина міокарда відмінна в різних відділах серця. Найтонший він у передсердях (2...3 мм), лівий шлуночок має найтовшу м'язову стінку, вона в 2,5 раза товща, ніж у правому шлуночку.

Основна маса серцевого м'яза представлена типовими для серця волокнами, які забезпечують скорочення відділів серця. Їхня основна функція — скоротність. Це

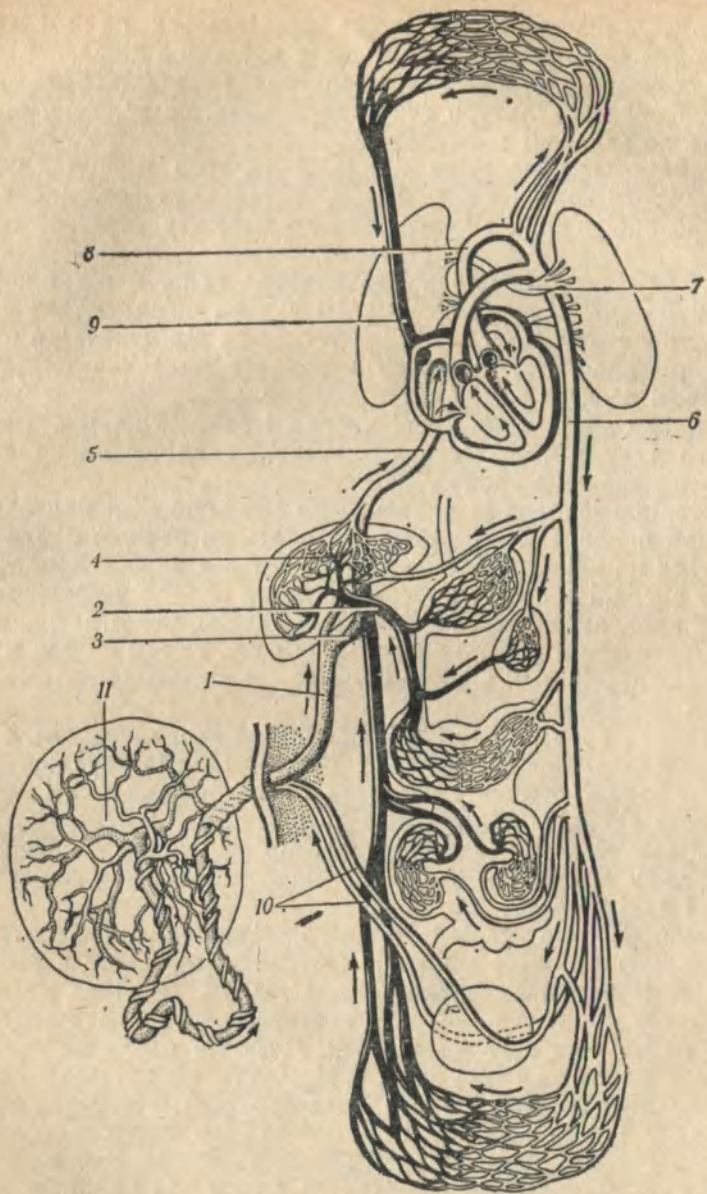


Рис. 48. Кровообіг плода:

1 — пупкова вена; 2 — ворітна вена; 3 — венозна протока; 4 — капіляри печінки; 5 — нижня порожниста вена; 6 — аорта; 7 — артеріальна протока; 8 — дуга аорти; 9 — верхня порожниста вена; 10 — пупкові артерії; 11 — плацента.



передсердно-шлуночкового пучка розділяється на дві ніжки, одна з них іде в правий шлуночок, а друга — в лівий.

Збудження з атипової мускулатури передається волокнам скоротливої мускулатури серця за допомогою волокон, які належать до атипової мускулатури.

**Особливості кровообігу плода.** З другого місяця внутрішньоутробного розвитку у плода встановлюється плацентарний кровообіг, який зберігається до моменту народження дитини.

Від плаценти до плода йде пупкова вена, а від плода до плаценти — дві пупкові артерії. Ці судини об'єднуються в пупковому канатику (рис. 48), який тягнеться від пупкового отвору плода до плаценти. Довжина пупкового канатика наприкінці вагітності досягає 50...60 см.

У плода збагачення крові киснем і звільнення її від вуглекислого газу відбувається в плаценті. Тканини плода постаються змішаною кров'ю.

Артеріальна кров із плаценти по пупковій вені надходить в організм плода. Пупкова вена підходить до печінки плода і поділяється на дві гілки. Одна з них впадає в нижню порожнисту вену у вигляді венозної протоки, а друга впадає у ворітну вену. Звідси кров, змішуючись з венозною кров'ю, через печінкові вени виливається в нижню порожнисту вену. Таким чином, в нижній порожнистій вені відбувається перше змішання артеріальної крові з венозною.

Змішана кров по нижній порожнистій вені надходить у праве передсердя. Сюди ж по верхній порожнистій вені надходить венозна кров. У правому передсерді відбувається друге неповне змішання крові. Із правого передсердя більш артеріальна кров через наявний у плода овальний отвір між лівим і правим передсерддями потрапляє в ліве передсердя, звідти в лівий шлуночок і далі в аорту.

Більш венозна кров із правого передсердя скороченнями серця проштовхується в правий шлуночок, а з нього в легеневу артерію. У плода лише незначна кількість крові по легеневій артерії надходить до легень і повертається по чотирьох легеневих венах до лівого передсердя. Легені у плода не функціонують. У плода легенева артерія з'єднується з аортою широкою артеріальною протокою (боталлова протока). По цьому легшому шляху і тече основна маса крові, яку виштовхує правий шлуночок. Відбувається третє змішання крові. Змішана кров по судинах великого кола надходить до органів і тканин, віддає їм кисень і поживні речовини, насичується вуглекислим газом та продуктами обміну і по пупкових артеріях повертається до плаценти. Таким чином, обидва шлуночки у плода нагнітають кров у велике коло кровообігу. Артеріальна кров тече у плода лише в пупковій вені і венозній протоці. У всіх артеріях плода циркулює змішана кров.

**Зміни кровообігу, пов'язані з актом народження.** З народженням дитини плацентарний кровообіг припиняється. Перетинання пуповини порушує зв'язок плода з материнським організмом. З першим вдихом новонародженого відбувається розширення легень. Кров по легеневій артерії йде в легені, минаючи артеріальну (боталлову) протоку. Протока ця втрачає своє значення і незабаром перетворюється на сполучнотканинний тяж. Протока заростає до 6...8-го, інколи до 9...10-го тижня життя, а овальний отвір між передсерддями до кінця першого півріччя життя. Пупкові артерії і вена після перетинання пуповини також поступово заростають.

**Вікові зміни серця.** Серце дитини після народження не тільки росте, збільшуючись у всіх напрямках, у ньому відбуваються процеси формоутворення (зміна форми, пропорцій). Серце новонародженого має поперечне положення і майже кулясту форму. Відносно велика печінка робить високим склепіння діафрагми, ось чому і положення серця у новонародженого вище (на рівні IV лівого міжребер'я). На кінець першого року життя під впливом сидіння і стояння та у зв'язку з опусканням діафрагми серце займає косе положення. В 2...3 роки верхівка серця доходить до V ребра, а у 10-річних дітей межі серця майже такі самі, як і в дорослих.

Ріст передсердь протягом першого року життя випереджає ріст шлуночків, потім вони ростуть майже однаково і тільки після 10 років ріст шлуночків починає обганяти ріст передсердь.

Серце у дітей відносно більше, ніж у дорослих. Його маса становить приблизно 0,63...0,80% маси тіла, а у дорослої людини — 0,48...0,52%. Найінтенсивніше росте серце в перший рік життя: до восьми місяців маса серця збільшується вдвоє, до трьох років потроєється, до п'яти років збільшується в 4 рази, а в 16 років — в 11 разів (табл. 10).

Таблиця 10. Маса серця (г) (за К. Кубатом)

Вік, роки	Хлопчики	Дівчатка
Новонароджені	17,24	16,4
1...2	55,6	52,5
5...6	85,1	82,4
9...10	111,1	95,8
10...11	112,4	108,8
11...12	127,8	125,4
12...13	134,2	143,0
14...15	183,6	184,6
15...16	193,0	190,0
Дорослі	244,4	

Маса серця у хлопчиків у перші роки життя більша, ніж у дівчаток. В 12...13 років починається період посиленого росту серця у дівчаток і його маса стає більшою, ніж у хлопчиків. До 16 років серце у дівчаток знову починає відставати в масі від серця хлопчиків.

**Серцевий цикл.** Серце скорочується ритмічно: скорочення відділів серця чергуються із розслабленими. Скорочення відділів серця називають систолою, а розслаблення — діастолою.

Період, який охоплює одне скорочення і розслаблення серця, називають серцевим циклом. У стані відносного спокою серце дорослої людини скорочується приблизно 75 разів на хвилину. Це означає, що весь цикл триває близько 0,8 с (60 : 75).

Кожний серцевий цикл складається із трьох фаз: перша — скорочення передсердь — систола передсердь (триває 0,1 с); друга — систола шлуночків (триває 0,3 с); третя — загальна пауза (0,4 с).

При великому фізичному навантаженні серце скорочується частіше, ніж 75 разів на хвилину, тривалість загальної паузи при цьому зменшується.

**Систолічний і хвилинний об'єм крові.** При скороченні серця у дорослої людини, яка перебуває у стані спокою, кожний шлуночок виштовхує в артерії 60...80 см<sup>3</sup> крові. Кількість крові, яка викидається шлуночком за одне скорочення, називають ударним, або систолічним, об'ємом. Лівий і правий шлуночки виштовхують однакову кількість крові. Кількість крові, яка викидається в аорту серцем новонародженого при одному скороченні, лише 2,5 см<sup>3</sup>. До першого року вона збільшується в 4 рази, до семи років — у 9 разів, а до 12 років — у 16,4 раза. Частота серцевих скорочень, яка у новонароджених досягає 140 ударів на хвилину, до 13 років знижується до 80 (табл. 11).

Таблиця 11. Зміна частоти серцевих скорочень і ударного об'єму

Показник	Вік, роки												Дорослі
	ново-народжені	1	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Частота серцевих скорочень (пульс за 1 хв)	140... 135	120	95	92	90	88	86	84	82	80	78	76	72
Ударний об'єм серця, см <sup>3</sup>	2,5	10,2	20,6	23,0	25,0	27,0	29,2	31,6	33,4	35,7	38,5	41,4	60 і більше

Кількість крові, яка виштовхується серцем за 1 хв, називається хвилинним об'ємом. Знаючи кількість крові, яка надійшла

із шлуночка під час систоли, і частоту скорочень серця за хвилину, можна обчислити величину хвилинного об'єму. Якщо систолічний об'єм дорівнює  $70 \text{ см}^3$ , а частота серцебиття — 75 разів на хвилину, то хвилинний об'єм дорівнює  $70 \cdot 75 = 5250 \text{ (см}^3\text{)}$ .

Хвилинний об'єм у тренованих людей збільшується головним чином за рахунок величини систолічного об'єму. Серцеві скорочення при цьому частішають незначно. У людей нетренованих хвилинний об'єм крові збільшується в основному за рахунок почастишання серцевих скорочень.

Відомо, що при збільшенні частоти серцевих скорочень зменшується тривалість загальної паузи серця. Із цього випливає, що серце нетренованих людей працює менш економічно і швидко зношується. Не випадково серцево-судинні захворювання бувають у спортсменів значно рідше, ніж у людей, які не займаються фізкультурою. У добре тренованих спортсменів при великих фізичних навантаженнях ударний об'єм крові може зростати до  $200 \dots 250 \text{ см}^3$ .

**Електричні явища в серці.** Діяльність серця, як і діяльність будь-якої збудливої тканини, супроводжується електричними явищами. Метод реєстрації електричних явищ у серці, яке працює, дістав назву електрокардіографії. Чутливий прилад, за допомогою якого реєструють електричні явища в збудженому серці, називають електрокардіографом.

Відомо, що силові лінії електричного поля поширюються у всі боки від місця виникнення різниці потенціалів. Оскільки серце розташоване у грудній порожнині несиметрично, то несиметрично розташована і його електрична вісь. Тому, щоб зареєструвати різницю потенціалів, яка виникає у збудженому серці, треба прикласти електроди електрокардіографа до двох несиметричних відносно електричної осі точок на тілі людини. Найчастіше електрокардіограф з'єднують з правою і лівою рукою (перше відведення), з правою рукою і лівою ногою (друге відведення) або з лівою рукою і лівою ногою (третє відведення, рис. 49).

Різниця потенціалів, яка виникає у збудженому серці, зовсім невелика (тисячні частини вольта), тому в електрокардіографі є підсилювач. При реєстрації електричної активності серця на рухомій паперовій стрічці електрокардіографа пишеться крива — електрокардіограма (ЕКГ).

У серці здорової людини на електрокардіограмі чітко видно п'ять зубців, з яких три спрямовані вгору ( $PRT$ ), а два — вниз ( $QS$ ). Зубець  $P$  відображає електричні явища в передсердях, а зубці  $Q R S T$  характеризують рух хвилі збудження в шлуночках серця.

Електрокардіографія — один із найважливіших методів об'єктивної реєстрації діяльності серця. Вона дозволяє робити висновки про послідовність поширення збудження по серцю і дає

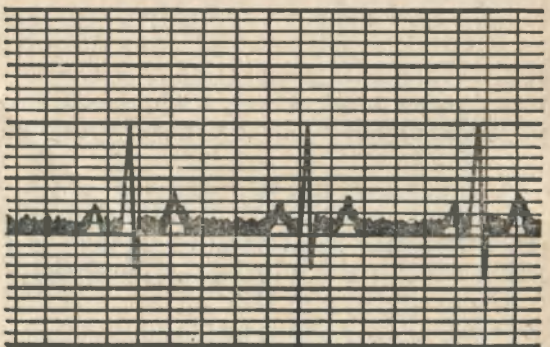
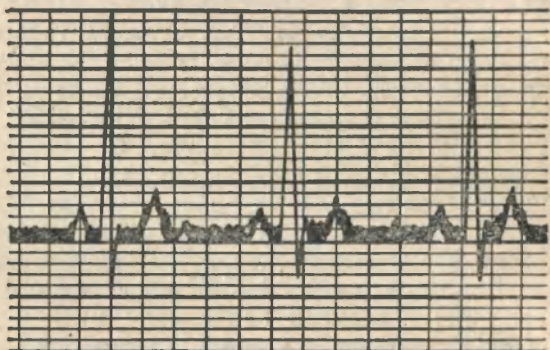
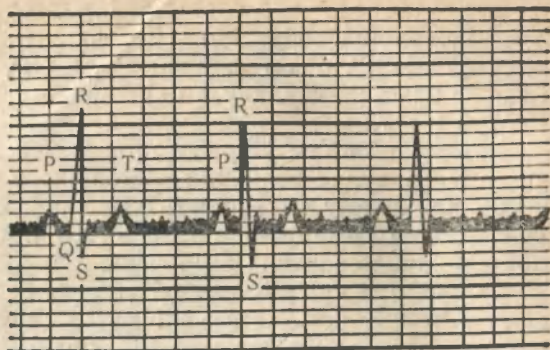


Рис. 49. Схема положення електродів при стандартних відведеннях електрокардіограми і криві, які реєструються при цих відведеннях.

практичній медицині матеріал для діагностики хвороб серця. Так, якщо в м'язі серця є рубець, зумовлений порушенням кровообігу в серцевому м'язі (інфаркт міокарда), його можна виявити на електрокардіограмі за змінами форми зубців.

## Рух крові по судинах

**Безперервність руху крові.** Серце скорочується ритмічно, тому кров надходить у кровonosні судини порціями. Проте тече кров по кровonosних судинах безперервним потоком. Безперервна течія крові в судинах пояснюється еластичністю стінок артерій і опором течії крові, який виникає в дрібних кровonosних судинах. Завдяки цьому опором кров затримується у великих судинах і викликає розтягнення їхніх стінок. Розтягуються стінки артерій і при надходженні крові під тиском при скороченні шлуночків серця. Під час розслаблення серця кров із серця в артерії не надходить; стінки судин, що відрізняються еластичністю, при цьому звужуються і просувають кров, забезпечуючи безперервний рух її по кровonosних судинах.

**Причини руху крові по судинах.** Кров рухається по судинах завдяки скороченням серця і різниці тиску крові, яка встановлюється в різних частинах судинної системи. У великих судинах опір течії крові невеликий, і з зменшенням діаметра судин він зростає.

Переборюючи тертя, зумовлене в'язкістю крові, остання втрачає частину енергії, переданої їй серцем при скороченні. Тиск крові поступово знижується. Різниця тиску крові в різних ділянках кровonosної системи є практично основною причиною руху крові в кровonosній системі. Кров тече від місця, де її тиск вищий, туди, де тиск нижчий.

**Тиск крові.** Змінний тиск, під яким кров перебуває в кровonosній судині, називають тиском крові. Величина тиску визначається роботою серця, кількістю крові, яка надходить в судинну систему, інтенсивністю її відтікання на периферію, опором стінок судин, в'язкістю крові, еластичністю судин. Найвищий тиск — в аорті. В міру просування крові по судинах тиск її знижується. У великих артеріях і венах опір течії крові невеликий, і тиск крові в них зменшується поступово, плавно. Найпомітніше знижується тиск в артеріолах і капілярах, де опір течії крові найбільший.

Тиск крові у кровonosній системі змінюється. Під час систоли шлуночків кров із силою викидається в аорту, тиск крові при цьому найбільший. Цей найвищий тиск називають систолічним, або максимальним. Він виникає у зв'язку з тим, що із серця у великі судини під час систоли припливає більше крові, ніж її відтікає на периферію. У фазі розслаблення (діастоли) серця артеріальний тиск знижується і стає діастолічним, або мінімальним. Різницю між систолічним і діастолічним тиском називають пульсовим тиском. Чим менша величина пульсового тиску, тим менше надходить крові із шлуночка в аорту під час систоли.

У плечовій артерії людини систолічний тиск становить 110...125 мм рт. ст., а діастолічний — 60...85 мм рт. ст. У дітей

артеріальний тиск значно нижчий, ніж у дорослих. Чим менша дитина, тим у неї більше капілярна сітка і ширший просвіт кровоносних судин, а отже, і нижчий тиск крові (табл. 12).

Таблиця 12. Артеріальний тиск у хлопчиків і дівчаток, мм рт. ст. (за К. Кубатом)

Вік, роки	Хлопчики				Дівчатка			
	систолический тиск	діастолічний тиск	пульсовий тиск	частота пульсу	систолический тиск	діастолічний тиск	пульсовий тиск	частота пульсу
6	90,24	48,27	41,97	97,02	91,23	49,63	41,60	98,02
7	98,47	53,12	45,35	95,00	94,13	51,60	42,53	97,30
8	102,37	60,27	42,10	90,58	99,79	55,50	44,29	91,38
9	104,41	61,20	43,21	83,00	103,83	59,80	44,03	84,72
10	106,08	61,50	44,58	88,42	107,81	60,92	46,89	86,94
11	104,96	61,32	43,64	86,22	110,81	61,81	49,00	84,72
12	108,29	65,60	42,69	84,75	113,21	66,20	47,01	84,48
13	112,54	65,40	47,14	83,50	111,75	65,93	45,82	82,20
14	115,67	66,38	49,29	82,00	113,80	67,20	46,60	80,30
15	120,05	68,90	51,15	80,36	115,29	67,40	47,84	78,58
16	125,30	73,34	51,96	77,10	119,71	69,81	50,90	75,08
17	125,80	73,05	52,75	75,68	120,77	70,21	50,56	71,08

У новонародженого максимальний тиск крові близько 76 мм рт. ст., мінімальний — 40...50 мм рт. ст., з віком рівень кров'яного тиску підвищується внаслідок відносного зменшення просвіту артерій.

До 6...7 років у дітей ріст серця відстає від росту кровоносних судин, а в наступні періоди, особливо в період статевого дозрівання, ріст серця випереджає ріст кровоносних судин. Це позначається на величині артеріального тиску, часом спостерігається так звана юнацька гіпертонія, оскільки нагнітальна сила серця зустрічає опір з боку відносно вузьких кровоносних судин, а маса тіла в цей період значно збільшується. Такий підвищений тиск, як правило, має тимчасовий характер. Проте «юнацька гіпертонія» вимагає обережності при дозуванні фізичного навантаження.

Після 50 років максимальний тиск звичайно підвищується до 130...145 мм рт. ст.

У здорової людини величина артеріального тиску підтримується на постійному рівні. Артеріальний тиск підвищується при м'язовій діяльності. Найсильніше впливають на артеріальний тиск різні емоції, які, як правило, ведуть до підвищення тиску. В підтриманні сталості артеріального тиску важлива роль належить нервовій системі.

Визначення величини артеріального тиску має діагностичне значення і широко використовується в медичній практиці.

**Швидкість руху крові.** Подібно тому, як річка тече швидше у своїх звужених ділянках і повільніше там, де вона широко розливається, кров тече швидше там, де сумарний просвіт судин найвужчий (в артеріях), і найповільніше там, де сумарний просвіт судин найширший (в капілярах).

У кровоносній системі найвужчою частиною є аорта, в ній найбільша швидкість руху крові (500 мм/с). Кожна артерія вужча за аорту, але сумарний просвіт всіх артерій людського тіла більший, ніж просвіт аорти. Сумарний просвіт всіх капілярів у 800...1000 разів більший за просвіт аорти, відповідно і швидкість руху крові в капілярах у 1000 разів менша, ніж в аорті (0,5 мм/с). Повільна течія крові в капілярах сприяє обміну газів, а також переходові поживних речовин із крові і продуктів розпаду тканин у кров.

Швидкість кругообороту крові з віком уповільнюється, що пов'язане із збільшенням довжини судин, а в пізніші періоди — із значним зниженням еластичності кровоносних судин. Частіші серцеві скорочення у дітей також сприяють більшій швидкості руху крові. У новонародженого кров здійснює повний кругообіг, тобто проходить велике і мале кола кровообігу, за 12 с, у 3-річних — за 15 с, в 14 років — за 18,5 с. Час кругообігу крові у дорослих становить 22 с.

### **Регуляція кровообігу**

**Іннервація серця і судин.** Діяльність серця регулюється двома парами нервів: блукаючими і симпатичними. Блукаючі нерви беруть початок в довгастому мозкові, а симпатичні нерви відходять від шийного симпатичного вузла. Блукаючі нерви гальмують серцеву діяльність. Під впливом імпульсів, які надходять до серця по симпатичних нервах, частішає ритм серцевої діяльності і посилюється кожне серцеве скорочення.

Зміна просвіту кровоносних судин відбувається під впливом імпульсів, які передаються на стінки судин по симпатичних судино-звужувальних нервах.

До моменту народження дитини в серцевому м'язі досить добре виражені нервові закінчення як симпатичних, так і блукаючих нервів. В ранньому дитячому віці (до 2...3 років) переважають тонічні впливи симпатичних нервів на серце, про що можна зробити висновок за частотою серцевих скорочень (у новонароджених до 140 ударів на хвилину). Тонус центра блукаючого нерва в цьому віці низький.

З ростом дитини вплив блукаючих нервів на серце посилюється. І. А. Аршавський вважає, що в цьому процесі важливу роль відіграє розвиток скелетної мускулатури. В 3...4 місяці дитина починає тримати голівку, в цей час з'являються перші ознаки впливу блукаючих нервів на серцеву діяльність (натискування на очне яблуко рефлекторно спричинює уповільнення



серцевого ритму). В 3...4-річному віці значно збільшується рухова активність дитини, на цей час закріплюються тонічні впливи блукаючого нерва на серце. Затримання у розвитку моторики у дітей супроводжується затриманням впливу блукаючих нервів на серцеву діяльність. У віці від 7 до 12 років регулююча роль блукаючого нерва посилюється, що супроводжується подішанням ритму серцевих скорочень.

**Рефлекторні впливи на діяльність серця і судин.** Ритм і сила серцевих скорочень змінюються залежно від емоційного стану людини, роботи, яку вона виконує. Стан людини впливає і на кровоносні судини, змінює їхній просвіт. При відчутті страху, гніву, під час фізичного напруження через зміну просвіту кровоносних судин людина блідне або червоніє.

Робота серця і просвіт кровоносних судин пов'язані з потребами організму, його органів і тканин в забезпеченні їх киснем і поживними речовинами. Пристосування діяльності серцево-судинної системи до умов, в яких перебуває організм, здійснюється нервовим і гуморальним регуляторними механізмами, які звичайно функціонують взаємозв'язано. Нервові впливи, які регулюють діяльність серця і кровоносних судин, передаються до них із центральної нервової системи по відцентрових нервах. Подразненням будь-яких чутливих закінчень можна рефлекторно викликати порідшання або почастішання скорочень серця. Тепло, холод, укол та інші подразнення викликають у закінченнях доцентрових нервів збудження, яке передається в центральну нервову систему і звідти по блукаючому або симпатичному нерву досягає серця.

Відцентрові нерви серця одержують імпульси не тільки із довгастого і спинного мозку, а й від відділів центральної нервової системи, які знаходяться вище, в тому числі і від кори великого мозку. Відомо, що біль викликає почастішання серцевих скорочень. Якщо дитині під час лікування робили уколи, то у неї тільки вигляд білого халата умовнорефлекторно буде викликати часте серцебиття. Про це ж свідчить зміна серцевої діяльності у спортсменів перед стартом, в учнів і студентів перед екзаменами.

Імпульси із центральної нервової системи передаються одночасно по нервах до серця та із судинорухового центра по інших нервах до кровоносних судин. Тому звичайно на подразнення, яке надходить із зовнішнього або внутрішнього середовища організму, рефлекторно відповідає і серце, і судини.

Важливе значення в регуляції сталості величини кров'яного тиску мають власне судинні рефлекси, що їх спричинюють імпульси від рецепторів самих судин. Особливе фізіологічне значення мають рецептори, розташовані в дузі аорти і в області розгалуження сонної артерії на внутрішню і зовнішню. Тут розташовані судинні рефлексогенні зони, які беруть участь в саморегуляції серцево-судинної системи.

Рецептори судинних рефлексогенних зон збуджуються при підвищенні тиску крові в судинах, тому їх називають барорецепторами, або пресорецепторами.

Підвищення кров'яного тиску в аорті зумовлює розтягнення її стінок і, як наслідок, подразнення пресорецепторів аортальної рефлексогенної зони. Збудження, що виникло в рецепторах, по волокнах аортального нерва досягає довгастого мозку. Рефлекторно підвищується тонус ядер блукаючих нервів, що приводить до гальмування серцевої діяльності, внаслідок чого частота і сила серцевих скорочень зменшуються. Тонус судинозвужувального центра при цьому знижується, що спричиняє розширення судин внутрішніх органів.

Гальмування роботи серця і розширення просвіту кровонесних судин відновлюють тиск крові, який підвищився, до нормальних величин.

В області розгалуження сонної артерії на зовнішню і внутрішню розташована синокаротидна рефлексогенна зона. Тут містяться пресорецептори, які подразнюються при підвищенні тиску крові у каротидному синусі. Збудження по синокаротидному нерву (в складі язикового нерва) досягає довгастого мозку. Дальший механізм, який приводить до вирівнювання величини кров'яного тиску, такий же, як і при реакції з аортальної рефлексогенної зони.

**Гуморальна регуляція кровообігу.** На діяльність серця і судин впливають хімічні речовини, що є в крові. Так, у надниркових залозах виробляється гормон адреналін. Він прискорює і посилює діяльність серця і звужує просвіт кровонесних судин. У нервових закінченнях парасимпатичних нервів утворюється ацетилхолін, який розширює просвіт кровонесних судин та уповільнює і послаблює серцеву діяльність. На роботу серця впливають і деякі солі. Збільшення концентрацій іонів калію гальмує роботу серця, а збільшення концентрації іонів кальцію веде до почастищення і посилення серцевої діяльності.

Гуморальні впливи тісно пов'язані з нервовою регуляцією діяльності системи кровообігу. Виділення самих хімічних речовин у кров і підтримання певної концентрації їх у крові регулюються нервовою системою.

Діяльність всієї системи кровообігу спрямована на забезпечення організму в різних умовах необхідною кількістю кисню і поживних речовин, на виведення із клітин і органів продуктів обміну, збереження на сталому рівні кров'яного тиску. Це створює умови для збереження сталості внутрішнього середовища організму.

## Вікові особливості дихання

### Значення дихання

Дихання — життєво необхідний процес постійного обміну газами між організмом і зовнішнім середовищем, що оточує його.

Майже всі складні реакції перетворення речовин в організмі відбуваються з обов'язковою участю кисню. Без кисню неможливий обмін речовин, і для збереження життя необхідне постійне надходження кисню.

Під час окислювальних процесів утворюються продукти розпаду, в тому числі й вуглекислий газ, які виводяться з організму.

При диханні відбувається обмін газів між організмом і навколишнім середовищем, що забезпечує постійне надходження в організм кисню і виведення з нього вуглекислого газу. Цей процес відбувається в легенях. Переносником кисню від легень до тканин, а вуглекислого газу від тканин до легень є кров.

### Будова органів дихання

**Порожнина носа.** В органах дихання розрізняють повітроносні шляхи, по яких проходить вдихуване і видихуване повітря, і легені, де здійснюється газообмін між повітрям і кров'ю. Дихальний шлях починається носовою порожниною, відділеною від порожнини рота перегородкою: спереду — тверде піднебіння, а ззаду — м'яке піднебіння. Повітря в носову порожнину проникає через носові отвори — ніздрі. Біля зовнішнього краю їх знаходяться волоски, які запобігають попаданню в ніс пилу.

Носова порожнина складається з правої і лівої половин, кожна з яких поділяється носовими раковинами на нижній, середній і верхній носові ходи (рис. 50). В перші дні життя дихання у дітей через ніс утруднене. Носові ходи у дітей вузькі, ніж у дорослих, і остаточно формуються до 14...15 років.

Слизова оболонка носової порожнини має дуже багато кровоносних судин, вкрита багаторядним миготливим епітелієм. В епітелії багато залозок, які виділяють слиз, що разом із пиловими частинками, які проникають із вдихуванним повітрям, видалається миготливими рухами війок. У носовій порожнині вдихуване повітря нагрівається, частково очищається від пилу і зволожується.

Носова порожнина ззаду через отвори — хоани — сполучається з носоглоткою.

**Носоглотка.** Носоглотка — верхня частина глотки. Глотка являє собою м'язову трубку, в яку відкривається порожнина

носа, порожнина рота і гортані. В носоглотку, крім хоан, відкриваються слухові труби, які сполучають порожнину глотки з порожниною середнього вуха. Із носоглотки повітря проходить у ротову частину глотки і далі в гортань.

Глотка у дітей широка і коротка, слухова труба знаходиться низько. Захворювання верхніх дихальних шляхів нерідко ускладнюються запаленням середнього вуха, бо інфекція легко проникає в середнє вуха через широку і коротку слухову трубу.

Гортань. Скелет гортані утворений кількома хрящами, сполученими між собою суглобами, зв'язками і м'язами. Найбільший із них — щитовидний хрящ. Над входом у гортань є хрящова пластинка — надгортанник. Він виконує роль клапана, який закриває вхід у гортань при ковтанні.

Порожнина гортані вкрита слизовою оболонкою, яка утворює дві пари складок, що затуляють вхід у гортань при ковтанні. Нижня пара складок вкриває голосові зв'язки. Простір між голосовими зв'язками називають голосовою щілиною. Таким чином, гортань не тільки сполучає глотку з трахеєю, а й бере участь у мовній функції.

При звичайному диханні голосові зв'язки розслаблені і щілина між ними звужується. Видихуване повітря, проходячи через вузьку щілину, примушує коливатися голосові зв'язки — виникає звук. Від ступеня натягу голосових зв'язок залежить висота тону: при натягнутих зв'язках звук вищий, при розслаблених — нижчий. Тремтінню голосових зв'язок і утворенню звуків сприяють рухи язика, губ, щік, скорочення м'язів самої гортані.

У чоловіків голосові зв'язки довші, ніж у жінок. Цим пояснюється більш низький голос чоловіків.

Гортань у дітей коротша, вужча і розташована вище, ніж у дорослих. Найінтенсивніше гортань росте на 1...3-му роках життя та в період статевого дозрівання.

В 12...14 років у хлопчиків на місці сполучення пластинок щитовидного хряща починає рости кадик, довшають голосові

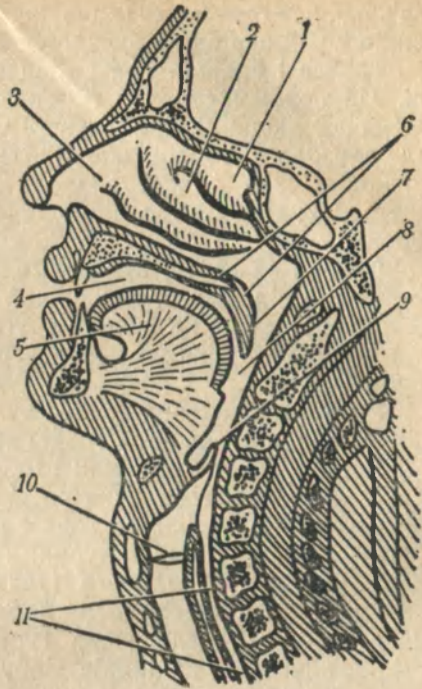


Рис. 50. Верхні дихальні шляхи (поздовжній розріз):

1, 2, 3 — носові раковини; 4 — порожнина рота; 5 — язик; 6 — тверде піднебіння; 7 — м'яке піднебіння; 8 — носоглотка; 9 — надгортанник; 10 — гортань; 11 — стравохід.

зв'язки, вся гортань стає ширша і довшя, ніж у дівчаток. У хлопчиків у цей період відбувається ламання голосу.

**Трахея і бронхи.** Трахея відходить від нижнього краю гортані. Це порожниста, що не сплющується, трубка довжиною (у дорослої людини) приблизно 10...13 см. В середині трахея вкрита слизовою оболонкою. Епітелій тут багаторядний, миготливий. Позад трахеї знаходиться стравохід. На рівні IV—V грудних хребців трахея поділяється на правий і лівий первинні бронхи.

Бронхи за своєю будовою нагадують трахею. Правий бронх коротший від лівого. Первинний бронх, ввійшовши в ворота легень, поділяється на бронхи другого, третього та інших порядків, які утворюють бронхіальне дерево. Найтонші галузки називають бронхіолами.

У новонароджених трахея вузька і коротка, довжина її 4 см, до 14...15 років довжина трахеї становить 7 см.

**Легені.** Тонкі бронхіоли входять у легеневі часточки і всередині їх поділяються на кінцеві бронхіоли. Бронхіоли розгалужуються на альвеолярні ходи з мішечками, стінки яких утворені багатьма легеневими міхурцями — альвеолами. Альвеоли — кінцева частина дихального шляху. Стінки легневих міхурців складаються з одного шару плоских епітеліальних клітин. Кожна альвеола оточена зовні густою мережею капілярів. Через стінки альвеол і капілярів відбувається обмін газами — із повітря в кров переходить кисень, а із крові в альвеоли надходить вуглекислий газ і пари води.

В легенях нараховують до 350 млн. альвеол, а їхня поверхня досягає 150 м<sup>2</sup>. Велика поверхня альвеол сприяє кращому газообміну. По один бік цієї поверхні знаходиться альвеолярне повітря, яке постійно оновлюється в своєму складі, по другий — кров, яка безперервно тече по судинах. Через велику поверхню альвеол відбувається дифузія кисню і вуглекислого газу. Під час фізичної роботи, коли при глибоких вдихах альвеоли значно розтягуються, розміри дихальної поверхні збільшуються. Чим більша загальна поверхня альвеол, тим інтенсивніше відбувається дифузія газів.

Кожна легеня вкрита серозною оболонкою, яка називається плеврою. У плеври два листки. Один щільно зрісся з легеню, другий приріс до грудної клітки. Між обома листками — невелика плевральна порожнина, заповнена серозною рідиною (приблизно 1...2 мл), яка полегшує ковзання листків плеври при дихальних рухах.

Легені у дітей ростуть головним чином внаслідок збільшення об'єму альвеол (у новонародженого діаметр альвеоли 0,07 мм, у дорослого він досягає вже 0,2 мм). До трьох років відбувається посилений ріст легень і диференціювання їхніх окремих елементів. Кількість альвеол до восьми років досягає кіль-

кості їх у дорослої людини. У віці від 3 до 7 років темпи росту легень знижуються. Особливо енергійно ростуть альвеоли після 12 років. Об'єм легень до 12 років збільшується в 10 разів порівняно з об'ємом легень новонародженого, а до кінця періоду статевого дозрівання — у 20 разів (в основному в результаті збільшення об'єму альвеол).

### Дихальні рухи

**Акти вдиху і видиху.** Завдяки актам вдиху і видиху, які здійснюються ритмічно, відбувається обмін газів між атмосферним і альвеолярним повітрям, яке міститься в легневих міхурцях.

У легенях нема м'язової тканини, і тому активно вони не можуть скорочуватися. Активна роль в акті вдиху належить дихальним м'язам. При паралічі дихальних м'язів дихання стає неможливе, хоч органи дихання при цьому не уражені.

При вдихові скорочуються зовнішні міжреберні м'язи і діафрагма. Міжреберні м'язи трохи піднімають ребра і відводять їх дещо вбік. Об'єм грудної клітки при цьому збільшується. При скороченні діафрагми її купол стає плоскішим, що також веде до збільшення об'єму грудної клітки. При глибокому диханні беруть участь також інші м'язи грудей і шиї. Легені, перебуваючи у герметично закритій грудній клітці, пасивно сліднують під час вдиху і видиху за її стінками, які рухаються, бо за допомогою плеври вони прирослі до грудної клітки. Цьому сприяє і негативний тиск у грудній порожнині. Негативний тиск — це тиск, нижчий від атмосферного. Під час вдиху він нижчий від атмосферного на 9...

12 мм рт. ст., а під час видиху — на 2...6 мм рт. ст. (рис. 51).

В ході розвитку грудна клітка росте швидше, ніж легені, ось чому легені постійно (навіть під час видиху) розтягнуті. Розтягнута еластична тканина легень намагається стиснутися. Сила, з якою тканина легені намагається стиснутися за рахунок еластичності, протидіє атмосферному тискові. Навколо легень, у плевральній порожнині, створюється тиск, який дорівнює атмосферному мінус еластичний натяг легень. Так навколо легень створюється негативний тиск.

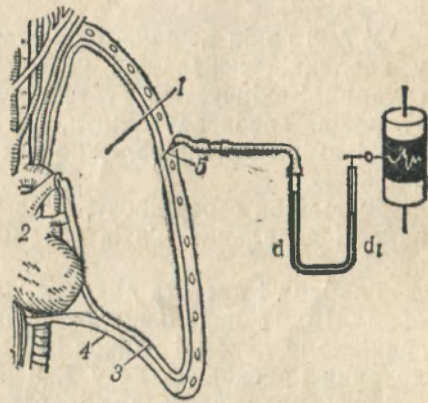


Рис. 51. Схема дослідження, який ілюструє наявність негативного тиску в плевральній порожнині:

1 — ліве легене; 2 — серце; 3 — плева; 4 — діафрагма; 5 — голка, введена в плевральну щілину; d і d<sub>1</sub> — рівень ртуті в колінах манометра.

За рахунок негативного тиску в плевральній порожнині легені рухаються за грудною кліткою, яка розширилася. Легені при цьому розтягуються. Атмосферний тиск діє на легені зсередини через повітряні шляхи, розтягує їх, притискує до грудної стінки.

В розтягненій легені тиск стає нижчий за атмосферний, і за рахунок різниці тиску атмосферне повітря через дихальні шляхи потрапляє в легені. Чим значніше збільшується при вдихові об'єм грудної клітки, тим більше розтягуються легені, тим глибший вдих.

При розслабленні дихальних м'язів ребра опускаються до початкового положення, купол діафрагми трохи піднімається, об'єм грудної клітки, а отже, і легень зменшується і повітря видихається назовні. В глибокому видихові беруть участь м'язи живота, внутрішні міжреберні та інші м'язи.

**Типи дихання.** У дітей раннього віку ребра мають малий вигин і займають майже горизонтальне положення. Верхні ребра і весь плечовий пояс розташовані високо, міжреберні м'язи слабкі. У зв'язку з такими особливостями у новонароджених переважає діафрагмальне дихання з незначною участю міжреберних м'язів. Діафрагмальний тип дихання зберігається до другої половини першого року життя. В міру розвитку міжреберних м'язів і росту дитини грудна клітка опускається вниз і ребра набувають косого положення. Дихання немовлят тепер стає грудочеревним, з перевагою діафрагмального, причому у верхньому відділі грудної клітки рухомість все ще невелика.

У віці від 3 до 7 років у зв'язку з розвитком плечового пояса все більше починає переважати грудний тип дихання, і до семи років він стає виражений.

У 7...8 років починаються статеві відмінності в типі дихання: у хлопчиків переважає черевний тип дихання, у дівчаток — грудний. Закінчується статеве диференціювання дихання до 14...17 років. Треба зауважити, що тип дихання у юнаків і дівчат може змінюватися залежно від занять спортом, трудовою діяльністю.

Внаслідок своєрідності будови грудної клітки і малої витривалості дихальних м'язів дихальні рухи у дітей менш глибокі і часті.

**Глибина і частота дихання.** Доросла людина робить у середньому 15...17 дихальних рухів на хвилину і за один вдих при спокійному диханні вдихає 500 мл повітря. При м'язовій роботі дихання прискорюється у 2...3 рази. При деяких видах спортивних вправ частота дихання доходить до 40...45 разів на хвилину.

У тренуваних людей при одній і тій же роботі об'єм легеневої вентиляції поступово збільшується, бо дихання стає рідшим, але глибоким. При глибокому диханні альвеолярне повітря вентильовується на 80...90%, що забезпечує більшу дифузію газів

через альвеоли. При неглибокому і частому диханні вентиляція альвеолярного повітря значно менша і відносно більша частина вдихуваного повітря залишається в так званому мертвому просторі — в носоглотці, ротовій порожнині, трахеї, бронхах. Таким чином, у тренуваних людей кров більше насичується киснем, ніж у нетренуваних.

Глибина дихання характеризується об'ємом повітря, яке надходить у легені за один вдих,— дихальним повітрям.

Дихання новонародженої дитини часте і поверхневе. Частота схильна до значних коливань — 48...63 дихальних цикли на хвилину під час сну.

У дітей першого року життя частота дихальних рухів на хвилину під час неспання 50...60, а під час сну — 35...40. У дітей 1...2 років під час неспання частота дихання 35...40, у 2...4-річних — 25...35 і у 4...6-річних — 23...26 циклів на хвилину. У дітей шкільного віку відбувається даліше порідшання дихання (18...20 разів на хвилину).

Велика частота дихальних рухів у дитини забезпечує високу легеневу вентиляцію.

Об'єм дихального повітря у дитини, коли їй 1 місяць, становить 30 мл, 1 рік — 70 мл, 6 років — 156 мл, 10 років — 230 мл, 14 років — 300 мл.

Внаслідок великої частоти дихання у дітей значно вищий, ніж у дорослих, хвилинний об'єм дихання (в перерахунку на 1 кг маси). Хвилинний об'єм дихання — це кількість повітря, яке людина вдихає за 1 хв; він визначається добутком величини дихального повітря на число дихальних рухів за 1 хв. У новонародженого хвилинний об'єм дихання становить 650—700 мл повітря, до кінця першого року життя — 2600...2700 мл, до шести років — 3500 мл, у 10-річної дитини — 4300 мл, у 14 річної — 4900 мл, у дорослої людини — 5000...6000 мл.

**Життєва місткість легень.** У спокої доросла людина може вдихнути і видихнути відносно постійний об'єм повітря (приблизно 500 мл). Але при посиленому диханні можна вдихнути ще близько 1500 мл повітря. Точно так же після звичайного видиху людина може ще видихнути 1500 мл повітря. Найбільшу кількість повітря, яку людина може видихнути після глибокого вдиху, називають життєвою місткістю легень.

Життєва місткість легень змінюється з віком, залежить вона також від статі, ступеня розвитку грудної клітки, дихальних м'язів. Звичайно вона більша у чоловіків, ніж у жінок; у спортсменів вона більша, ніж у нетренуваних людей. У штангістів, наприклад, вона становить близько 4000 мл, у футболістів — 4200, у гімнастів — 4300, у плавців — 4900, у веслувальників — 5500 мл і більше.

Оскільки вимірювання життєвої місткості легень вимагає активної і свідомої участі самої дитини, то вона може бути визначена лише після 4...5 років (табл. 13).



Таблиця 13. Середня величина життєвої місткості легень (в мл)

Стать	Вік, роки								
	4	5	6	7	8	10	12	15	17
Хлопчики	1200	1200	1200	1400	1440	1630	1975	2600	3520
Дівчатка	—	—	1100	1200	1360	1460	1905	2530	2760

До 16...17 років життєва місткість легень досягає величин, характерних для дорослої людини.

### Газообмін у легенях

Склад вдихуваного, видихуваного і альвеолярного повітря. Роблячи навперемінно вдих і видих, людина вентилює легені, підтримуючи в альвеолах відносно сталий газовий склад. Людина дихає атмосферним повітрям з великим вмістом кисню (20,9%) і низьким вмістом вуглекислого газу (0,03%), а видихає повітря, в якому кисню 16,3%, а вуглекислого газу 4%. В альвеолярному повітрі кисню 14,2%, а вуглекислого газу 5,2% (табл. 14).

Таблиця 14. Склад вдихуваного, видихуваного і альвеолярного повітря

Повітря	Вміст газів, %		
	кисень	вуглекислий газ	азот
Вдихуване	20,94	0,03	79,03
Видихуване	16,3	4	79,7
Альвеолярне	14,2	5,2	80,6

Чому в видихуваному повітрі кисню міститься більше, ніж в альвеолярному? Пояснюється це тим, що при видихові до альвеолярного повітря домішується повітря, яке є в органах дихання, в повітроносних шляхах.

Нижча ефективність легеневої вентиляції у дітей виражається в іншому газовому складі як видихуваного, так і альвеолярного повітря. Чим молодші діти, тим менший процент вуглекислого газу і тим більший процент кисню у видихуваному і альвеолярному повітрі. Відповідно у них менший процент використання кисню. Тому дітям для споживання одного і того ж об'єму кисню і виділення одного і того ж об'єму вуглекислого газу потрібно більше вентилювати легені, ніж дорослим.

**Газообмін у легенях.** В легенях кисень із альвеолярного повітря переходить у кров, а вуглекислий газ із крові надходить

у легені. Рух газів відбувається за законами дифузії, згідно з якими газ поширюється із середовища з високим парціальним тиском у середовище з меншим тиском.

Парціальним тиском називають частину загального тиску, яка припадає на даний газ в газовій суміші. Чим вищий процентний вміст газу в суміші, тим відповідно вищий його парціальний тиск. Для газів, розчинених у рідині, вживають термін «напруження», який відповідає терміну «парціальний тиск», що його застосовують для вільних газів.

Газообмін у легенях здійснюється між альвеолярним повітрям і кров'ю.

Альвеоли легень обплетені густою сіткою капілярів. Стінки альвеол і стінки капілярів дуже тонкі, що сприяє проникненню газів із легень у кров і навпаки. Газообмін залежить від поверхні, через яку здійснюється дифузія газів, і різниці парціального тиску (напруження) дифундуючих газів. Такі умови є в легенях. При глибокому вдихові альвеоли розтягуються і їхня поверхня досягає 100..150 м<sup>2</sup>. Також велика і поверхня капілярів у легенях. Є і достатня різниця парціального тиску газів альвеолярного повітря і напруження цих газів у венозній крові (табл. 15).

Таблиця 15. Парціальний тиск кисню і вуглекислого газу у вдихуваному і альвеолярному повітрі та їхнє напруження в крові, мм рт. ст.

Газ	Парціальний тиск (напруга)			
	атмосферне повітря	альвеолярне повітря	венозна кров (в капілярах легень)	артеріальна кров
Кисень	159	100...110	40	102
Вуглекислий газ	0,02...0,03	40	47	40

Із даних табл. 15 випливає, що різниця між напруженням газів у венозній крові і їхнім парціальним тиском в альвеолярному повітрі становить для кисню  $110 - 40 = 70$  мм рт. ст., а для вуглекислого газу  $47 - 40 = 7$  мм рт. ст. Такої різниці тиску досить для забезпечення організму киснем і видалення з нього вуглекислого газу.

**Зв'язування кисню кров'ю.** В крові кисень сполучається з гемоглобіном, утворюючи неміцну сполуку — оксигемоглобін. 1 г гемоглобіну здатний зв'язати 1,34 см<sup>3</sup> кисню. Чим вищий парціальний тиск кисню, тим більше утворюється оксигемоглобіну. В альвеолярному повітрі парціальний тиск кисню 100...110 мм рт. ст. За цих умов 97% гемоглобіну крові зв'язується з киснем.

У вигляді оксигемоглобіну кисень від легень кров'ю переноситься до тканин. Тут парціальний тиск кисню низький і окси-

гемоглобін дисоціює, вивільняючи кисень. Так забезпечується постачання тканин киснем.

Наявність у повітрі або тканинах вуглекислого газу зменшує здатність гемоглобіну зв'язувати кисень.

**Зв'язування вуглекислого газу кров'ю.** Вуглекислий газ переноситься кров'ю в хімічно зв'язаному вигляді — у вигляді гідрокарбонату натрію і гідрокарбонату калію. Частина його транспортується гемоглобіном.

Зв'язування вуглекислого газу і віддача його кров'ю залежать від його напруження в тканинах і крові. Важлива роль при цьому належить ферменту карбоангідразі, який міститься в еритроцитах. Карбоангідаза залежно від вмісту вуглекислого газу прискорює в багато разів реакцію:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ .

В капілярах тканини, де напруження вуглекислого газу високе, відбувається утворення вугільної кислоти. В легенях карбоангідаза сприяє дегідратації, що приводить до витіснення вуглекислого газу із крові.

Газообмін у легенях у дітей тісно пов'язаний з особливостями регуляції у них кислотно-лужної рівноваги. У дітей дихальний центр дуже чутливо реагує на найменші зміни реакції крові. Навіть при незначному зрушенні рівноваги в бік підкислення у дітей легко виникає задишка.

Дифузійна здатність легень у дітей з віком збільшується. Це пов'язано із збільшенням сумарної поверхні альвеол легень.

Потреба організму в кисні та виділення вуглекислого газу визначається рівнем окислювальних процесів, які відбуваються в організмі. З віком цей рівень знижується, відповідно і величина газообміну на 1 кг маси в міру росту дитини зменшується.

### **Регуляція дихання**

**Дихальний центр.** Дихання людини змінюється залежно від стану його організму. Воно спокійне, рідке під час сну, часте і глибоке при фізичних навантаженнях, переривчасте, нерівне під час емоцій. При зануренні в холодну воду у людини на якийсь час зупиняється дихання, «дух перехоплює». Російський фізіолог Н. А. Миславський у 1919 р. встановив, що в довгастому мозку є група клітин, зруйнування яких приводить до зупинення дихання. Так був покладений початок вивченню дихального центра. Дихальний центр — складне утворення. До нього належить центр вдиху і центр видиху. Пізніше вдалося довести, що дихальний центр має складнішу структуру і в процесах регуляції дихання беруть участь також відділи центральної нервової системи, які лежать вище, що забезпечують пристосувальні зміни в системі органів дихання до різної діяльності організму. Важлива роль у регуляції дихання належить корі великого мозку.

Дихальний центр перебуває в стані постійної активності: в ньому ритмічно виникають імпульси збудження. Ці імпульси виникають автоматично. Навіть після повного виключення доцентрових шляхів, які йдуть до дихального центра, в ньому можна зареєструвати ритмічну активність. Автоматизм дихального центра пов'язують з процесом обміну речовин у ньому. Ритмічні імпульси передаються з дихального центра по відцентрових до дихальних м'язів і діафрагми, забезпечуючи чергування вдиху і видиху.

**Рефлекторна регуляція.** При больовому подразненні, при подразненні органів черевної порожнини, рецепторів кровоносних судин, шкіри, рецепторів дихальних шляхів зміна дихання відбувається рефлекторно. При вдиханні парів аміаку, наприклад, подразнюються рецептори слизової оболонки носоглотки, що приводить до рефлекторного затримання дихання. Це важливе захисне пристосування, яке перешкоджає потраплянню в легені отруйних і подразливих речовин.

Особливе значення в регуляції дихання мають імпульси, які йдуть від рецепторів дихальних м'язів і від рецепторів самих легень. Від них великою мірою залежить глибина вдиху і видиху. Це відбувається так. При вдихові, коли легені розтягуються, подразнюються рецептори в їхніх стінках. Імпульси від рецепторів легень по доцентрових волокнах блукаючого нерва досягають дихального центра, гальмують центр вдиху і збуджують центр видиху. В результаті дихальні м'язи розслаблюються, грудна клітка опускається, діафрагма набирає вигляду купола, об'єм грудної клітки зменшується і відбувається видих. Видих, у свою чергу, рефлекторно стимулює вдих.

В регуляції дихання бере участь кора великого мозку, яка забезпечує найтонше пристосування дихання до потреб організму у зв'язку із змінами умов зовнішнього середовища і життєдіяльності організму.

Ось приклади впливу кори великого мозку на дихання. Людина може на якийсь час затримати дихання, за своїм бажанням змінити ритм і глибину дихальних рухів. Впливами кори великого мозку пояснюються передстартові зміни дихання у спортсменів — значне поглиблення і прискорення дихання перед початком змагань. Можливе вироблення умовних дихальних рефлексів. Якщо до вдихуваного повітря додати 5...7% вуглекислого газу, який у такій концентрації прискорює дихання, і супроводити вдих стуком метронома або дзвоником, то через кілька поєднань один тільки дзвоник або стук метронома спричинить прискорення дихання.

**Гуморальні впливи на дихальний центр.** Великий вплив на стан дихального центра справляє хімічний стан крові, зокрема її газовий склад. Накопичення вуглекислого газу в крові веде до подразнення рецепторів у кровоносних судинах, які несуть кров до голови, і рефлекторно збуджує дихальний центр. Подіб-

ним чином діють також інші кислі продукти, які надходять у кров, наприклад молочна кислота, вміст якої в крові збільшується під час м'язової роботи.

**Перший вдих новонародженого.** При внутрішньоутробному розвитку плід одержує кисень і віддає вуглекислий газ через плаценту організмові матері. Проте плід здійснює дихальні рухи у вигляді незначного розширення грудної клітки. Легені при цьому не розправляються, а тільки виникає невеликий негативний тиск у плевральній щілині.

Згідно з даними І. А. Аршавського, такі дихальні рухи плода сприяють кращому рухові крові і поліпшенню кровопостачання плода, а також є своєрідним тренуванням функції легень. Під час пологів, після перев'язування пупкового канатика, організм дитини відділяється від організму матері. При цьому в крові новонародженого накопичується вуглекислий газ і знижується вміст кисню. Зміна газового складу крові приводить до підвищення збудливості дихального центра як гуморально, так і рефлекторно через подразнення рецепторів у стінках кровоносних судин. Клітини дихального центра подразнюються, і у відповідь виникає перший вдих. А далі вдих рефлекторно викликає видих.

У виникненні першого видиху неабияка роль належить зміні умов існування новонародженого порівняно із внутрішньоутробним його існуванням. Механічні подразнення шкіри при дотикові рук акушера до тіла дитини, нижча температура оточуючого середовища порівняно з внутрішньоутробною, підсихання тіла новонародженого в повітрі — все це також сприяє рефлекторному збудженню дихального центра і виникненню першого вдиху.

І. А. Аршавський у появі першого вдиху основну роль відводить збудженню спинномозкових дихальних мотонейронів, клітин ретикулярної формації довгастого мозку; збудливим фактором при цьому є зниження парціального тиску кисню в крові.

Під час першого вдиху розправляються легені, які у плода були в опалому стані, легенева тканина плода дуже пружна, мало розтягується. Потрібна певна сила, щоб розтягнути і розправити легені. Тому перший вдих важкий і відбувається з великими затратами енергії.

**Особливості збудливості дихального центра в дітей.** До моменту народження дитини її дихальний центр здатний забезпечувати ритмічну зміну фаз дихального циклу (вдих і видих), але не так досконало, як у дітей старшого віку. Це пов'язане з тим, що до моменту народження функціональне формування дихального центра ще не закінчилося. Про це свідчить велика мінливість частоти, глибини, ритму дихання у дітей раннього віку. Збудливість дихального центра у новонароджених і немовлят низька. Діти перших років життя відрізняються вищою стійкістю до нестачі кисню (гіпоксії), ніж діти старшого віку.

Формування функціональної діяльності дихального центра відбувається з віком. Близько 11 років уже добре виражена можливість пристосування дихання до різних умов життєдіяльності.

Чутливість дихального центра до вмісту вуглекислого газу підвищується з віком і в шкільному віці досягає приблизно рівня дорослих. Треба зазначити, що в період статевого дозрівання відбуваються тимчасові порушення регуляції дихання і організм підлітків відрізняється меншою стійкістю до нестачі кисню, ніж організм дорослої людини.

Про функціональний стан дихального апарата свідчить і можливість довільно змінювати дихання (пригнічувати дихальні рухи або робити максимальну вентиляцію). В довільній регуляції дихання бере участь кора великого мозку, центри, пов'язані із сприйняттям мовних подразників і з відповіддю на ці подразники.

Довільна регуляція дихання пов'язана з другою сигнальною системою і виникає лише з розвитком мови.

Довільні зміни дихання відіграють важливу роль при виконанні ряду дихальних вправ і допомагають правильно поєднувати певні рухи із фазою дихання (вдихом і видихом).

**Дихання при фізичній роботі.** У дорослої людини при м'язовій роботі збільшується легенева вентиляція у зв'язку з прискоренням і поглибленням дихання. Такі види діяльності, як біг, плавання, катання на ковзанах і лижах, їзда на велосипеді, різко підвищують об'єм легеневої вентиляції. У тренуваних людей посилення легеневого газообміну відбувається головним чином внаслідок збільшення глибини дихання. Діти ж, зважаючи на особливості їхнього апарату дихання, не можуть при фізичних навантаженнях значно змінювати глибину дихання, а прискорюють дихання. І без того часте і поверхневе дихання у дітей при фізичних навантаженнях стає частішим і більш поверхневим. Це приводить до нижчої ефективності вентиляції легень, особливо у маленьких дітей.

Підлітки, на відміну від дорослих, швидше досягають максимального рівня споживання кисню, але також швидше припиняють роботу через неспроможність підтримувати довго споживання кисню на високому рівні.

**Правильне дихання.** Чи помічали ви, що людина на короткий час затримує вдих, коли до чогось прислухається? А чому у веслувальників, молотобійців момент найбільшого зусилля збігається з різким видихом («ух»)?

При нормальному диханні вдих коротший за видих. Такий ритм полегшує фізичну і розумову діяльність. Це можна пояснити так. Під час вдиху дихальний центр збуджується, при цьому за законом індукції збудливість інших відділів мозку знижується, а при видиху має місце протилежне явище. Тому сила м'язового скорочення знижується під час вдиху і зростає під

час видиху. Ось чому працездатність знижується і швидше настає втома, якщо вдих подовжений, а видих скорочений.

Навчити дітей правильно дихати при ходьбі, бігові та інших видах діяльності — одне із завдань вчителя. Одна із умов правильного дихання — це турбота про розвиток грудної клітки. Для цього важливе правильне положення тіла, особливо під час сидіння за партою, дихальна гімнастика та інші фізичні вправи, які розвивають мускулатуру, що приводить у рух грудну клітку. Особливо корисні щодо цього такі види спорту, як плавання, веслування, катання на ковзанах, ходьба на лижах.

Звичайно людина з добре розвинутою грудною кліткою дихає рівномірно і правильно. Треба привчати дітей ходити і стояти, дотримуючись прямої постави, бо це сприяє розширенню грудної клітки, полегшує діяльність легень і забезпечує глибше дихання. При зігнутому положенні тулуба в організм надходить менша кількість повітря.

---

## РОЗДІЛ X

### Вікові особливості травлення

#### Значення травлення

З їжею організм одержує такі складні органічні речовини, як білки, жири і вуглеводи. Ці речовини використовуються організмом як будівельний матеріал при процесах росту і будови нових клітин замість тих, що відмирають. Поживні речовини є також джерелом енергії в організмі.

Не менше значення мають вітаміни, мінеральні солі і вода, які надходять з їжею. Вони необхідні для створення умов, за яких відбуваються різноманітні хімічні реакції, у багатьох реакціях вони самі беруть безпосередню участь.

Вода, мінеральні солі та вітаміни засвоюються організмом у незмінному вигляді. Що ж стосується білків, жирів та вуглеводів, які містяться в їжі, то вони прямо не можуть засвоюватися організмом. Передусім ці речовини складаються з великих молекул, які не можуть пройти крізь стінку травного каналу. Основне ж у тому, що вони для організму сторонні і, як на кожному сторонню речовину, в організмі проти них виробляються захисні речовини (антитіла). Тепер зрозуміло, чому основні поживні речовини, перш ніж потрапити у внутрішнє середовище організму, зазнають перетравлення.

Травленням називають процес фізичної і хімічної обробки їжі і перетворення її в простіші і розчинні сполуки, які можуть всмоктуватися, переноситися кров'ю, засвоюватися організмом.

В організмі людини під впливом травних соків у травному каналі білки розщеплюються до амінокислот, жири — до гліце-

рину і жирних кислот, а складні вуглеводи — до простих цукрів (глюкоза та ін.). Основна роль у такій хімічній обробці їжі належить ферментам, які містяться в травних соках. Ферменти — це біологічні каталізатори білкової природи, які виробляються самим організмом. Характерна властивість ферментів — їхня специфічність: кожен фермент діє на речовину або групу речовин тільки певного фізичного складу і будови, на певний тип хімічного зв'язку в молекулі. Під впливом ферментів нерозчинні і не здатні до всмоктування складні речовини перетворюються в розчинні і легкозасвоювані простіші речовини.

Методи дослідження діяльності травних залоз. З того часу як було встановлено, що травні залози виробляють травні соки, вчені намагалися добути їх для аналізу. Так, ще в XVII ст. голландському вченому Граафу вдалося дібрати невелику кількість травних соків через трубки, введені у просвіт вивідних проток слинних і підшлункової залоз. Вчені пробували добути підшлунковий сік за допомогою гумової губки, яка заковтувалася людиною, вбирала вміст шлунка, а потім витягувалася за прив'язану до неї нитку. Шотландський лікар Стівенс виявив перетравлюючу дію шлункового соку людини, скориставшись послугами фокусника, у якого була рідкісна здатність виригати різні предмети, які потрапили в шлунок.

Фокусник ковтав, а через кілька годин блювотними рухами викидав із шлунка спеціально приготовлені, наповнені їжею, свинцеві «пиріжки» з отворами, через які в їжу проникав шлунковий сік. Природно, що такими методами було важко визначити склад і властивості травних соків.

Пізніше у тварин під наркозом розтинали черевну порожнину і з проток травних залоз одержували травні соки. Але робити якісь висновки про закономірності роботи травних залоз було майже неможливо: тварина була на операційному столі, під наркозом. Умови явно відрізнялися від нормальних. Значно більше відомостей про роботу травних залоз можна одержати за допомогою фістульного методу дослідження. Фістула — це штучне сполучення протоки травної залози або порожнини травного каналу із зовнішнім середовищем організму. Привід для такого методу дослідження дали цікаві, хоч і випадкові, спостереження за людьми, в яких в результаті поранення або захворювання утворився свищ шлунка або кишечника. В 1842 р. московський хірург Басов запропонував вивчати шлункову секрецію у собак за допомогою фістули шлунка. Але в цьому разі не можна було одержати для дослідження чистий шлунковий сік, він був змішаний із залишками їжі, слиною, слизом, які завжди є в шлунку.

Справжнього розвитку і визнання фістульний метод досяг завдяки працям І. П. Павлова. Під час хірургічних операцій І. П. Павлов робив тваринам постійні фістули, з тим щоб можна було тривалий час вести спостереження за діяльністю тієї чи



Іншої травної залози. На відміну від своїх попередників І. П. Павлов особливу увагу звертав на пошуки таких способів операції, які давали б змогу після одужання тварин зберегти нормальні умови діяльності як для органа, який вивчався, так і для всього організму.

Така фістульна методика давала змогу спостерігати в будь-який час за функцією оперованого органу. За допомогою фістул вдається збирати чисті травні соки, без домішки їжі, точно вимірювати їхню кількість і визначати хімічний склад у різні фази травлення. Головна перевага фістульної методики, запропонованої І. П. Павловим, полягає в тому, що процес травлення вивчається в природних умовах існування організму, на здоровій тварині, а діяльність органів травлення збуджується природними харчовими подразниками.

Роль І. П. Павлова у вивченні діяльності травних залоз така велика, що цей розділ фізіології часто називають російським розділом фізіології, а І. П. Павлов був удостоєний Нобелівської премії.

Проте при всій перевазі фістульного методу ним практично не можна вивчати травні функції у людини. Із зрозумілих причин фістули у людини з метою дослідження не роблять. Слину у людини можна зібрати за допомогою спеціальної металевої капсули — присоска (див. рис. 23). Капсула присмоктується до слизової оболонки рота так, що в центрі її виявляється про-



Рис. 52. Рентгенівські знімки шлунка людини, зроблені під час травлення з інтервалами 2...4 с.



Рис. 53. Зовнішній вигляд радіопілюль для дослідження температури (1), тиску (2) і величини рН (3). Праворуч — для порівняння копійчана монета.

тока слинної залози, по якій слина тепер надходить не в рот, а в капсулу і через гумову трубочку виводиться назовні — в пробірку або скляночку.

Для одержання шлункового соку і вмісту дванадцятипалої кишки використовують зонд, який заковтує той, кого досліджують. Через зовнішній отвір такого зонда можна добути сік для дослідження.

Деякі відомості про стан шлунка і кишок можна одержати, просвічуючи області їхнього розташування променями Рентгена. Перед рентгенівським дослідженням людині дають випити розчин або суспензію речовин, що погано пропускають промені Рентгена і тому дають хорошу тінь на екрані (рис. 52).

В момент скорочення мускулатури шлунка, а також при секретії в травному каналі виникають хоч і незначні, але достатні для реєстрації електричні явища. Запис електричних явищ у шлунку — електрогастрографію — застосовують для вивчення скоротливої діяльності шлунка.

Велике майбутнє у радіометричного методу. Людині дають проковтнути мініатюрний радіопередавач — радіопілюлю (рис. 53) діаметром 8 мм і довжиною 15...20 мм. У радіопілюлі розташований датчик, який сприймає концентрацію водневих іонів у вмісті шлунка і кишок, тиск всередині їх і температуру. Датчик перетворює прийняті показники у коливання певної частоти, які можна вловити радіоприймачем і зареєструвати. Радіопілюля вільно проходить по травному каналу і передає інформацію про температуру, тиск і реакції середовища у різних його відділах.

## Система органів травлення

**Поняття про систему органів травлення.** Система органів травлення складається із ротової порожнини з трьома парами великих слинних залоз, глотки, стравоходу, шлунка, тонкої кишки (до складу якої входить дванадцятипала кишка — в неї відкриваються протоки печінки і підшлункової залози, порожня і клубова кишки) та товстої кишки, яка складається із сліпої, ободової і прямої кишок. В ободовій кишці розрізняють висхідну, низхідну і сигмовидну кишки.

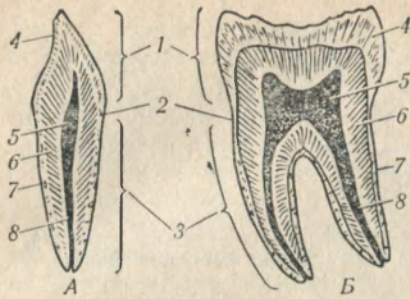


Рис. 54. Будова зуба (вертикальний розпил):

А — різець; Б — двокореневий корінний зуб;  
 1 — коронка; 2 — шийка; 3 — корінь; 4 —  
 смаль; 5 — порожнина; 6 — дентин; 7 —  
 цемент; 8 — кореневий канал.

Травні залози починають функціонувати ще у внутрішньоутробному періоді за рахунок надходження поживних речовин із материнського організму і речовин із навколоплідних вод. Проте до народження дитини травна функція у неї виражена слабо. Після народження годування спочатку мoloзивом, а потім зрілим молоком і змішане вигодовування значною мірою посилюють функцію травного апарату у дітей.

#### Особливості травлення в ротовій порожнині. Перетравлювання їжі починається в ротовій порожнині. Механічне роздроблення і подрібнення їжі при її пережовуванні становлять специфічну функцію органів ротової порожнини; тільки вона одна із всіх органів травлення має кісткову основу. В ротовій порожнині містяться язик і зуби. Язик — рухомий м'язовий орган, вкритий слизовою оболонкою, добре забезпечений судинами і нервами. Язик пересуває їжу в процесі жування, є органом смаку і мови.

Зуби подрібнюють їжу. Крім того, вони беруть участь у формуванні звуків мови. За функцією і формою розрізняють різці, ікла, малі і великі корінні зуби. Загальна кількість зубів у дорослих 32. В кожній половині верхньої і нижньої щелеп розвиваються 2 різці, 1 ікло, 2 малих корінних і 3 великих корінних зуби. Це може бути виражене зубною формулою, в якій прийнято позначати зуби одного боку обох щелеп:

$$\begin{array}{cccc} 2 & 1 & 2 & 3 \\ \hline 2 & 1 & 2 & 3 \end{array}$$

Кожний зуб (рис. 54) має коронку, що виступає з ясен, яка переходить у шийку (під яснами), і корінь, занурений у зубну лунку ясен, що щільно зрісся з нею за допомогою надкисниці. Великі корінні зуби на нижній щелепі мають по 2, а на верхній — по 3 корені. Решта зубів — однокорінні. В середині кореня проходить канал, який розширюється в порожнину зуба; він заповнений зубною м'якоттю — пухкою сполучною тканиною, судинами і нервами.

Коронка, шийка і корінь складаються із твердих тканин. У порожнині зуба містяться м'які тканини зуба, або пульпа. Основа пульпи складається із сполучної тканини, багатой на клітинні елементи. В пульпу через кореневий канал входять

судини і нерви. Тут відбувається інтенсивний обмін речовин зуба, і з пульпою пов'язані відновні процеси в разі якихось пошкоджень дентину.

Головну масу всіх частин зуба становить дентин, вкритий на коронці емаллю, а на шийці і корені — цементом. Емаль, що вкриває коронку, — найтвердіша тканина в організмі: за твердістю вона наближається до кварцу. Але і вона може стиратися і тріскатися. Органічна речовина в емалі становить тільки 2...4%, решта — мінеральні речовини. Дентин і цемент являють собою видозмінену кісткову тканину, порівняно з якою вони містять значно більше кальцію фосфату.

Зуби закладаються і розвиваються в товщі щелепи. Ще в утробному періоді розвитку закладаються зачатки постійних зубів, які потім змінюють молочні.

У дитини на 6...8-му місяці життя спочатку починають прорізатися тимчасові, або молочні, зуби. Зуби можуть з'являтися раніше або пізніше залежно від індивідуальних особливостей розвитку, якості харчування. Найчастіше першими прорізуються середні різці нижньої щелепи, потім з'являються верхні середні і верхні бокові; в кінці першого року прорізуються звичайно 8 молочних зубів. Протягом другого року життя, а інколи і на початку третього року закінчується прорізування всіх 20 молочних зубів. Зубна формула в цьому разі має такий вигляд:

2 1 0 2 верхня щелепа (один бік)

2 1 0 2 нижня щелепа (один бік)

Молочні зуби ніжні і крихкі, це треба враховувати при організації харчування дітей.

У 6...7 років у дітей починають випадати молочні зуби, і замість них поступово виростають постійні зуби. Перед зміною корені молочних зубів розсмоктуються, після чого вони випадають. Малі корінні і треті великі корінні, або зуби мудрості, виростають без молочних попередників. Прорізування постійних зубів закінчується до 14...15 років (табл. 16). Виняток становлять зуби мудрості, поява яких часом затримується до 25...30 років; в 15% випадків вони відсутні на верхній щелепі взагалі. Ці зуби були добре розвинуті у стародавніх викопних людей (синантропів, неандертальців). Тепер вони, безсумнівно, трохи редуковані.

У зв'язку з тим що постійні зуби протягом кількох років знаходяться під молочними зубами, треба особливу увагу звертати на стан порожнини рота і зубів у дітей дошкільного, та і шкільного віку.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), 7...9 осіб із 10 обстежених потребують лікування зубів. Насамперед це пов'язано з карієсом. Суть його полягає ось у чому. При хімічній дії на емаль відбувається демінералізація, розчи-

Таблиця 16. Строки прорізування молочних і постійних зубів

Назва зубів	Строки прорізування зубів	
	молочних	постійних
Різці середні	6...8 місяців	7...7,5 року
Різці, бокові	7...10 »	8...9 років
Ікла	14...18 »	10...12 »
Малі корінні перші	12...14 »	10...11 »
Малі корінні другі	20...30 »	11 »
Великі корінні перші	—	6...7 »
Великі корінні другі	—	12...14 »
Великі корінні треті	—	17...25 »

нення мінеральних солей емалі кислотами, які утворюються в основному в результаті розпаду залишків їжі. Демінералізація відбувається також і в тканині зуба, розташованій під емаллю,— в дентині. Найбільш згубно впливає на емаль молочна кислота— основний продукт бродіння вуглеводів. Потім відбувається уже безпосередня дія мікробів на демінералізовані емаль і дентин. Внаслідок цього розпадаються органічні речовини зуба.

На каріозний процес впливають також зовнішні (екзогенні) фактори. Серед них нестача вітамінів (особливо групи В і D), солей кальцію, фосфору, фтору в їжі і питній воді, відсутність або нестача ультрафіолетових променів. Все це призводить до порушення мінерального і білкового обміну в організмі, який впливає на живлення емалі та дентину.

Першорядне значення в механізмі карієсу зубів відіграють мікроорганізми порожнини рота, головним чином стрептококи.

Під дією кислоти в емалі відбувається розчинення мінеральних речовин. В ураженій ділянці емалі створюються все більше сприятливі умови для життєдіяльності мікроорганізмів. Виникає бляшка зубного нальоту із мікроорганізмів, що утворюють кислоту. Тут найчастіше і починається процес розвитку карієсу, з'являється помітна оком пляма. Мінеральних речовин у ділянці ураження стає все менше. В результаті утворюється каріозна порожнина.

Щоб запобігти утворенню порожнини, треба збалансувати раціон харчування, забезпечити достатнє надходження з їжею кальцію, фосфору і фтору.

Тепер широко застосовують фторопрофілактику карієсу. Це і фторування питної води, і місцеве зрошення розчином фтористого натрію, спеціальні зубні порошки, пасти, еліксири, які містять фтор і, нарешті, таблетки з фтором.

З метою охорони зубів у дітей у школах проводять санацію порожнини рота: пошкоджені зуби видаляють або пломбують,

і таким чином запобігається псування решти зубів, особливо постійних.

Догляд за зубами передусім повинен виявлятися в обов'язковому прополіскуванні рота кип'яченою, трохи теплуватою водою після кожного споживання їжі, щоб по можливості видалити всі частинки їжі, які застрягли між зубами. Треба щодня ввечері перед сном чистити зуби щіткою із зубним порошком, щоб ґрунтовніше видалити всі залишки їжі.

Не можна давати дітям надто гарячу або дуже холодну їжу, а також дозволяти їм розкушувати зубами горіхи та інші тверді речовини, бо це може спричинити пошкодження емалі.

Змикання верхніх різців із нижніми називають прикусом. При правильному прикусі верхні різці займають положення попереду від нижніх, що посилює їхню різальну дію.

Подрібнена механічно їжа в порожнині рота змішується із слиною. В ротову порожнину відкриваються протоки трьох пар великих слинних залоз: привушні, піднижньощелепні і під'язичні. Крім великих, є дрібні слизові слинні залозки. Вони розкидані майже по всій слизовій оболонці ротової порожнини і язика.

Слинні залози функціонують від моменту народження дитини, але в перші місяці слини виділяється мало. З появою молочних зубів слиновиділення посилюється настільки, що діти часто не встигають її проковтнути, і вона витікає з рота.

В слині міститься фермент птіалін, який розщеплює складні вуглеводи до мальтази, і мальтаза, яка розщеплює дисахариди до глюкози. Білок слини муцин робить слину клейкою. Завдяки муцинові просочена слиною їжа легше проковтується. До складу слини входить ще речовина білкової природи — лізоцим, якому властива знешкоджуюча дія. Цим, видно, можна пояснити, що рани і подряпини слизової оболонки ротової порожнини загоюються швидше, ніж на поверхні тіла.

З віком кількість слини, яка виділяється, збільшується; найпомітніші зрушення у слиновиділенні відмічаються у дітей від 9 до 12 місяців і від 9 до 11 років. Всього за добу у дітей виділяється до 800 см<sup>3</sup> слини.

**Регуляція слиновиділення.** Через кілька секунд після того, як їжа потрапила в рот, починається слиновиділення. Така швидка відповідь слинних залоз на подразнення ротової порожнини свідчить про те, що слиновиділення здійснюється рефлекторно, за участю нервової системи.

Їжа, що надійшла в порожнину рота, подразнює закінчення смакових нервів; в них виникає збудження, яке по доцентрових нервах передається в довгастих мозок, у центр слиновиділення. Тут відбувається передача збудження із доцентрових нервів на відцентрові (симпатичні і парасимпатичні), які йдуть до слинних залоз. Збудження охоплює секреторні клітини

слинних залоз, і відбувається виділення слини певної якості та кількості. Так здійснюється безумовний слиновидільний рефлекс.

Слина може виділятися не тільки при попаданні їжі в рот, а й при вигляді, запаху їжі, розмові про їжу. Це теж рефлекс, але рефлекс особливий, який І. П. Павлов назвав умовним рефлексом. Умовнорефлекторне виділення слини відбувається лише в тому випадку, якщо вигляд, запах їжі або розмова про смачну їжу збігалися раніше із споживанням їжі.

**Стравохід.** Їжа, подрібнена у ротовій порожнині і просочена слиною, сформована в харчові грудки, через зів надходить у глотку, а з неї у стравохід. Стравохід — м'язова трубка довжиною у дорослої людини близько 25 см. Внутрішня оболонка стравоходу — слизова — вкрита багатошаровим плоским епітелієм із ознаками ороговіння у верхніх шарах. Епітелій захищає стравохід при рухові по ньому грубої харчової грудки. Слизова оболонка утворює глибокі поздовжні складки, що допускає значне розширення стравоходу при проходженні по ньому харчової грудки.

У дітей слизова оболонка стравоходу багата на кровоносні судини, ніжна, легко може бути поранена грубою їжею. Довжина стравоходу в новонароджених близько 10 см, у віці 5 років — 16 см, в 15 років — 19 см.

**Особливості травлення у шлунку.** Шлунок — найбільше розширена частина травної трубки. Він має вигляд зігнутого мішка, що вміщує до 2 л їжі.

Розташований шлунок у черевній порожнині асиметрично; більша частина його знаходиться з лівого боку, а менша — праворуч від середньої площини тіла. Опуклий нижній край шлунка — велика кривизна, короткий угнутий край — мала кривизна. У шлунку розрізняють вхід (кардіальна частина), дно (або фундальна частина) і вихід (пілорична, або воротарна, частина). Воротар шлунка відкривається в дванадцятипалу кишку.

Зсередини шлунок вистелений слизовою оболонкою, яка утворює багато складок. У товщі слизової оболонки містяться залози трубчастої форми. Залози виробляють шлунковий сік. Розрізняють три типи клітин шлункових залоз: головні виробляють ферменти шлункового соку, обкладові — соляну кислоту, додаткові — слиз.

Шлунковий сік людини — безбарвна рідина кислої реакції, з великим вмістом соляної кислоти (0,5%) і слизу. Слиз, який виробляється клітинами слизової оболонки шлунка, охороняє її від механічних і хімічних пошкоджень. Соляна кислота має здатність згубно впливати на бактерії, що потрапляють у шлунок, виконуючи тим самим захисну функцію, розм'якшувати волокнисту їжу; вона зумовлює набухання білків, сприяє активізації травного фермента пепсину.

За добу у дорослої людини виділяється 1,2...2 л соку. У шлунковому соці є два білкових ферменти — пепсин і хімосин. Пепсин виробляється шлунковими залозами в неактивній формі і активізується соляною кислотою. Пепсин розщеплює білки до альбумоз і пептонів. Хімосин, або сичужний фермент, спричиняє зсідання молока в шлунку. Хімосин є в шлунковому соці дітей, особливо в період молочного вигодовування. У старших дітей зсідання відбувається під впливом пепсину і соляної кислоти шлункового соку. Фермент ліпаза, який міститься в шлунковому сокові, розщеплює жири до гліцерину і жирних кислот. Шлункова ліпаза діє на жири, які перебувають у стані емпальсії (жири молока).

У шлунку їжа затримується від 4 до 11 год і зазнає в основному хімічної обробки за допомогою шлункового соку. Крім того, у шлунку їжа зазнає і механічної обробки. В товщі стінок шлунка є могутній м'язовий шар, який складається із гладких м'язів, що йдуть у поздовжньому, косому і коловому напрямках. Скорочення м'язів шлунка сприяє кращому перемішуванню їжі із травним соком, а також пересуванню їжі із шлунка в кишки.

Шлунок немовлят має в основному горизонтальне положення, розташований майже весь у лівому підребер'ї, і тільки коли дитина починає стояти і ходити, шлунок займає більш вертикальне положення.

З віком змінюється і форма шлунка. У дітей до 1,5 року вона округла, до 2...3 років грушоподібна, до семи років шлунок набуває форми дорослих.

Місткість шлунка збільшується з віком. Якщо у новонародженого вона становить 30...35 мл, то до кінця першого року життя збільшується в 10 разів. В 10...12 років місткість шлунка досягає 1,5 л.

М'язовий шар шлунка у дітей раннього віку розвинутий слабо, особливо в основній області шлунка — в області дна. Недорозвинення м'язового шару дна шлунка, відносно широкий вхід у нього часто у дітей грудного віку є причиною зригування і блювання.

У новонароджених дітей залозистий епітелій шлунка диференційований слабо, головні клітини ще не досить дозрілі. Процес клітинного диференціювання залоз шлунка у дітей закінчується в основному до семи років, але повного розвитку вони досягають лише у період статевої зрілості.

У дітей після народження загальна кислотність шлункового соку пов'язана з наявністю молочної кислоти. Функція синтезу соляної кислоти розвивається в період від 2,5 до 4 років. У віці від 4 до 7 років загальна кислотність шлункового соку в середньому становить 35,4 одиниці, у дітей від 7 до 12 років вона дорівнює 63. Відносно низький вміст соляної кислоти в шлунковому соці дітей дошкільного віку веде до зниження його



бактерицидних властивостей. Цим значною мірою можна пояснити схильність дітей до шлунково-кишкових захворювань.

У складі шлункового соку новонародженої дитини є ферменти пепсин, хімосин, ліпаза, молочна кислота і зв'язана соляна кислота. У зв'язку з низькою кислотністю шлункового соку пепсин у новонароджених дітей може розщеплювати лише білки, які входять до складу молока. Активність фермента хімосину, який спричиняє зсідання молока, різко підвищується на кінець першого року життя до 256..512 одиниць (порівняно з 16..32 одиницями в перший місяць життя дитини). Фермент ліпаза, який міститься у складі шлункового соку немовлят, розщеплює до 25% жиру молока. Проте зауважимо, що жир материнського молока розщеплюється не тільки шлунковою ліпазою, а й ліпазою самого материнського молока.

Тому жир у шлунку дітей, яких вигодовують штучно, завжди розщеплюється повільніше, ніж при грудному годуванні. В коров'ячому молоці ліпази мало. З віком дитини активність ліпази збільшується від 10..12 до 35..40 одиниць.

Кількість шлункового соку, його кислотність і перетравлююча сила залежать від роду їжі (як і у дорослої людини). При годуванні жіночим молоком виділяється шлунковий сік із низькою кислотністю і перетравлюючою силою. З віком, в міру становлення шлункової секреції найкисліший сік виділяється на м'ясо, потім на хліб, і найменшу кислотність має сік на молоко.

Для виділення шлункового соку зовсім не обов'язково, щоб їжа потрапила у шлунок; досить того, що вона надійде в роту порожнину. Переконалися в цьому можна в досліді в несправжнім годуванні собаки. Для цього тварині оперативним шляхом вводять всередину шлунка фістульну трубку; другий кінець трубки закріплюють на поверхні живота і, коли дослід не проводиться, закривають пробкою. На шиї таким чином підготовленої тварини перерізують стравохід і краї його вшивають у шкірну рану на шиї. Через кілька днів після операції тварина їсть їжу, проте у шлунок вона не потрапляє. Разом з тим із фістули шлунка витікає чистий шлунковий сік. Це несправжнє годування.

Шлунковий сік при несправжньому годуванні виділяється рефлекторно у відповідь на подразнення смакових рецепторів ротової порожнини.

Секреторним нервом для шлункових залоз є блукаючий нерв.

Виділення шлункового соку починається тільки при подразненні їжею рецепторів ротової порожнини. Приготування до приймання їжі, розмова про їжу, вигляд і запах її, час споживання їжі зумовлюють секрецію кислото, багатого на ферменти шлункового соку. Це відбувається умовнорефлекторно. Завдяки умовним рефлексам сік починає виділятися за деякий час до споживання їжі. І. П. Павлов назвав цей сік апетитним,

або запальним. Апетитний сік готує шлунок задалегідь до перетравлювання їжі і є важливою умовою його нормальної роботи.

Звичайно акт їди завжди починається з дії вигляду і запаху їжі — умовних подразників для шлункових залоз. Їжа, яка надійшла слідом за цим у ротову порожнину, діє як безумовний подразник, збуджуючи смакові рецептори слизової оболонки рота. Це складнорефлекторна фаза шлункової секреції: під час цієї фази шлунковий сік виділяється за рахунок комплексу безумовних і умовних рефлексів.

Коли їжа надходить у шлунок, на неї продовжує виділятися шлунковий сік рефлекторно, внаслідок механічного подразнення слизової оболонки шлунка. Важлива роль тут також належить хімічним речовинам, які циркулюють у крові при травленні і гуморальним шляхом збуджують шлункову секрецію.

Особливо активні щодо цього речовини, що містяться в м'ясному бульйоні, капустияному відварі, відварах риби, грибів, овочів.

Крім того, під впливом соляної кислоти або продуктів перетравлення в слизовій оболонці шлунка утворюється особливий гормон — гастрин, який всмоктується в кров і посилює секрецію шлункових залоз.

Виділення шлункового соку під дією різних впливів може гальмуватися. Вигляд несвіжої їжі, неприємний запах її, неохайна обстановка, читання під час їди призводять до гальмування шлункової секреції, при цьому знижується травна дія соків і їжа засвоюється гірше.

У немовлят при правильному грудному вигодовуванні шлунок звільняється від їжі через 2,5...3 год, при вигодовуванні коров'ячим молоком — через 3...4 год. Їжа, яка містить значну кількість білків і жирів, затримується у шлунку 4,5...6,5 год.

**Травлення в кишках.** Частково перетравлений вміст шлунка у вигляді харчової кашки, просоченої кислим шлунковим соком, рухами мускулатури шлунка пересувається до вихідної частини його — пілоричного відділу і порціями проходить із шлунка в початковий відділ тонкої кишки — дванадцятипалу кишку. Середина дванадцятипалої кишки відкривається загальна жовчна протока печінки і протока підшлункової залози.

В дванадцятипалій кишці відбувається найінтенсивніше перетравлювання харчової кашки під дією соку підшлункової залози, жовчі і кишкового соку. Під впливом цих соків білки, жири і вуглеводи перетравлюються так, що можуть всмоктуватися і засвоюватися організмом.

Чистий підшлунковий сік — безбарвна, прозора рідина лужної реакції. В соку міститься фермент трипсин, який розщеплює білкові речовини до амінокислот; трипсин виробляється клітинами залози в неактивній формі і активізується ферментом кишкового соку; фермент ліпаза, який міститься в сокові, акти-

візується жовчю і, діючи на жири, перетворює їх на гліцерин та жирні кислоти; ферменти амілаза і мальтаза перетворюють складні вуглеводи на моносахариди типу глюкози. Виділення підшлункового соку триває 6...14 год і залежить від складу і властивостей вжитої їжі.

В дванадцятипалу кишку надходить і жовч, яку виробляють клітини печінки. І хоч у складі жовчі нема ферментів, які розщепляли б харчові речовини, роль жовчі в травленні величезна. По-перше, вона переводить в активний стан ліпазу, яка виробляється клітинами підшлункової залози; по-друге, жовч емульгує жири, перетворюючи їх на суспензію дрібних краплинок (емульговані жири легше перетравлюються); по-третє, жовч активно впливає на процеси всмоктування в тонкій кишці; по-четверте, жовч сприяє посиленню виділення соку підшлункової залози.

Дванадцятипала кишка продовжується до порожнього відділу тонкої кишки, а останній переходить у клубову кишку. Довжина тонкої кишки у дорослої людини 5...6 м. Внутрішня оболонка тонкої кишки — слизиста — має багато виростів, або ворсинок (близько 4 млн. у дорослої людини). Ворсинки дуже збільшують поверхню тонкої кишки, що має важливе значення для процесу всмоктування поживних речовин. У складі кишкового соку виявлено понад 20 ферментів, які можуть каталізувати розщеплення харчових речовин.

У стінках тонкої кишки є поздовжні і кільцеві м'язи, скорочення яких спричинюють маятниковоподібні і перистальтичні рухи, що поліпшує контакт харчової кашки з травними соками і сприяє переміщенню вмісту тонкої кишки в товсту кишку. Довжина товстої кишки 1,5...2 м. В товстій кишці розрізняють сліпу кишку з червоподібним відростком (апендикс), ободову і пряму.

Ферментативна обробка їжі в товстій кишці дуже незначна. Тут інтенсивно всмоктується вода, в результаті чого в кінцевих її відділах формується кал, який виводиться із організму. В товстій кишці живуть численні бактерії. Одні з них розщеплюють клітковину, бо в травних соках людини немає ферментів для її перетравлювання. В товстій кишці синтезується бактеріями вітамін К і деякі вітаміни групи В.

У дітей кишки відносно довші, ніж у дорослих. У дорослої людини довжина кишок перевищує довжину її тіла у 4...5 разів, а у немовлят — в 6 разів. Особливо інтенсивно кишки ростуть у довжину від 1 до 3 років, у зв'язку з переходом від молочної їжі до мішаної, і від 10 до 15 років.

М'язовий шар кишок і його еластичні волокна розвинуті у дітей менше, ніж у дорослих. У зв'язку з цим перистальтика у дітей слабкіша. Цим частково пояснюється схильність до запорів у дітей.

Травні соки кишок уже в перші дні життя дитини містять всі основні ферменти, які забезпечують процес травлення.

Ріст і розвиток підшлункової залози триває до 11 років, найінтенсивніше вона росте у віці від 6 місяців до двох років.

Печінка у дітей відносно більша, ніж у дорослого; її маса подвоюється до 8...10 місяців; особливо інтенсивно росте печінка у 14...15 років, досягаючи маси 1300...1400 г. Жовчовиділення відмічається уже у 3-місячного плода. З віком жовчовиділення посилюється.

**Всмоктування в травному каналі.** Всмоктування відбувається майже у всіх відділах травного каналу. Так, якщо під язиком дозго гримати шматочок цукру, то він розчиниться і всмокчеться. Отже, всмоктування можливе і в ротовій порожнині. Проте їжа майже ніколи не знаходиться там протягом часу, необхідного для всмоктування. У шлунку добре всмоктується алкоголь, частково глюкоза; у товстій кишці — вода, деякі солі.

Основні процеси всмоктування поживних речовин відбуваються в тонкій кишці. Її будова дуже добре пристосована до всмоктувальної функції. Внутрішня поверхня кишки людини досягає 0,65...0,70 м<sup>2</sup>. Вона збільшується за рахунок ворсинок — на площі 1 см<sup>2</sup> міститься 2000...3000 ворсинок. Завдяки ворсинкам площа внутрішньої поверхні кишок збільшується до 4...5 м<sup>2</sup>, тобто у два-три рази перевищує поверхню тіла людини.

Розглядання клітин епітелію, який вкриває ворсинку, в електронному мікроскопі показало, що поверхня клітин, повернених всередину порожнини кишки, нерівна, вона у свою чергу вкрита пальцеподібними виростами — мікроворсинками. Їхня величина така, що їх не видно навіть при найсильнішому збільшенні світлового мікроскопа. Проте значення їх дуже велике. По-перше, мікроворсинки значно збільшують всмоктувальну поверхню тонкої кишки. По-друге, між мікроворсинками є велика кількість ферментів, які утримуються тут і лише в незначній кількості потрапляють у просвіт кишки. А оскільки концентрація ферментів між мікроворсинками велика, основний процес травлення відбувається не в порожнині кишки, а в просторі між мікроворсинками, біля стінки клітин кишкового епітелію. Ось чому такий вид травлення був названий пристінковим.

Пристінкове розщеплення харчових речовин дуже ефективно для організму, особливо для перебігу процесів всмоктування. Справа в тому, що в кишках постійно міститься значна кількість мікробів. Якби основні процеси розщеплення відбувалися у просвіті кишки, значна частина продуктів розщеплення використовувалася б мікроорганізмами, у кров всмоктувалася б значно менша кількість поживних речовин. Цього не відбувається тому, що мікроворсинки не допускають мікробів до місця дії ферментів, бо мікроб дуже великий, щоб проникнути в простір між мікроворсинками. А харчові речовини, знаходячись коло стінки кишкової клітини, легко всмоктуються.

Всмоктування — складний фізіологічний процес, який відбувається головним чином внаслідок активної роботи клітин кишкового епітелію.

Білки всмоктуються у кров у вигляді водних розчинів амінокислот. У зв'язку з тим що для дітей характерна підвищена проникність кишкової стінки, в невеликій кількості у них із кишечника всмоктуються натуральні білки молока, яєчний білок. Проте надмірне надходження в організм дитини нерозщеплених білків приводить до різних шкірних висипань, свербіння та інших небажаних явищ. У зв'язку з підвищеною проникністю кишкової стінки у дітей сторонні речовини і кишкові отрути, які утворюються в процесі гниття їжі, продукти неповного перетравлювання можуть потрапляти із кишечника в кров, спричиняючи різні токсикози.

Вуглеводи всмоктуються в кров головним чином у вигляді глюкози. Найінтенсивніший цей процес у тонкій кишці. В товстій кишці вуглеводи всмоктуються повільно. Проте можливість їх всмоктування в товстій кишці використовується в лікувальній практиці при штучному годуванні хворого (так звані живильні клізми).

Жири всмоктуються переважно в лімфу у вигляді гліцерину і жирних кислот.

Всмоктування води починається в шлунку. Найінтенсивніше вода всмоктується в кишках (1 л за 25 хв). Мінеральні солі всмоктуються у кров в розчиненому вигляді. Швидкість всмоктування солей визначається їхньою концентрацією в розчині.

---

## РОЗДІЛ XI

### **Вікові особливості обміну речовин і енергії харчування**

#### **Обмін речовин як основна функція життя**

Обмін речовин і енергії — основа процесів життєдіяльності організму. У всіх організмів, від найпримітивніших до найскладнішого — людського організму, обмін речовин і енергії — основа життя.

В організмі людини, в його органах, тканинах, клітинах іде безперервний процес творення, утворення складних речовин із простіших. Одночасно з цим відбувається розпад, окислення складних органічних речовин, які входять до складу клітин організму.

Робота органів супроводжується безперервним оновленням їх: одні клітини гинуть, інші їх заміняють. У дорослої людини протягом доби гине і замінюється  $\frac{1}{20}$  клітин шкірного епіте-

лю, половина всіх клітин епітелію травного каналу, близько 25 г крові і т. п.

Ріст, оновлення клітин організму можливі тільки в тому разі, якщо в організм безперервно надходять кисень і поживні речовини. Поживні речовини — той будівельний пластичний матеріал, із якого будується організм.

Для побудови нових клітин організму, безперервного оновлення їх, для роботи таких органів, як серце, травна система, дихальний апарат, нирки тощо, а також для здійснення людиною роботи потрібна енергія. Цю енергію людина дістає при розпаді і окисленні в процесі обміну речовин.

Таким чином, поживні речовини, які надходять в організм, є не тільки пластичним будівельним матеріалом, а й джерелом енергії, необхідної для життя.

Під обміном речовин розуміють сукупність змін, яких зазнають речовини від моменту їхнього надходження в травний канал до утворення кінцевих продуктів розпаду, що виділяються з організму.

**Анаболізм і катаболізм.** Процеси обміну речовин, або метаболізм, добре погоджені один з одним, відбуваються у певній послідовності. Сукупність реакцій біологічного синтезу, які потребують затрат енергії, називають анаболізмом. До анаболічних процесів належить біологічний синтез білків, жирів, ліпідів, нуклеїнових кислот. Внаслідок цих реакцій порівняно прості речовини, надходячи в клітини, за участю ферментів перетворюються в речовини самого організму. Анаболізм створює основу для безперервного оновлення структур, які зносилися.

Енергія для анаболічних процесів постачається реакціями катаболізму, при яких відбувається розщеплення молекул складних органічних речовин із вивільненням енергії. Кінцеві продукти катаболізму — вода, вуглекислий газ, аміак, сечовина, сечова кислота та ін. — не придатні для дальшого біологічного окислення в клітині і видаляються із організму.

Процеси анаболізму і катаболізму нерозривно зв'язані. Катаболічні процеси постачають для анаболізму енергію і вихідні речовини; анаболічні процеси приводять до побудови структур, які йдуть на відновлення відмираючих клітин, формування нових тканин у зв'язку з процесами росту організму, для синтезу гормонів, ферментів та інших сполук, необхідних для життєдіяльності клітини, а також постачають для реакцій катаболізму макромолекули, які підлягають розщепленню.

Всі процеси метаболізму каталізуються і регулюються ферментами — речовинами білкової природи. Ферменти — це ті біологічні каталізатори, які «запускають» реакції в клітинах організму.

**Перетворення речовин.** Хімічні перетворення харчових речовин починаються в травному каналі. Тут складні речовини їжі розщеплюються до простіших, які можуть всмоктуватися в кров

і лімфу. Речовини, які надійшли в результаті всмоктування в кров або лімфу, приносяться до клітини, де і зазнають основних змін. Складні органічні речовини, які при цьому утворилися, входять до складу клітин і беруть участь у здійсненні їхніх функцій. Перетворення речовин, які відбуваються всередині клітин, становлять суть внутрішньоклітинного, або проміжного, обміну. Вирішальна роль у внутрішньоклітинному обміні належить численним ферментам клітини. Завдяки їхній діяльності з речовинами клітини відбуваються складні перетворення, розриваються внутрішньомолекулярні хімічні зв'язки в них, що приводить до вивільнення енергії.

Особливого значення тут набувають реакції окислення і відновлення. З участю спеціальних ферментів здійснюються також інші типи хімічних реакцій у клітині, зокрема реакції перенесення залишка фосфорної кислоти (фосфорилування), аміногрупи  $\text{NH}_2$  (переамінування), групи метилу  $\text{CH}_3$  (трансметилування) та ін. Енергія, яка вивільняється при цих реакціях, використовується для побудови нових речовин у клітині, на підтримання життєдіяльності організму.

Кінцеві продукти внутрішньоклітинного обміну частково йдуть на побудову нових речовин клітини, а речовини, які не використовуються клітиною, виводяться із організму в результаті діяльності органів виділення.

**АТФ.** Основним акумулятором і переносником енергії, що використовуються при синтетичних процесах, є аденозинтрифосфорна кислота (АТФ). У складі молекули АТФ є азотиста основа (аденін), цукор (рибоза) і фосфорна кислота (три залишки фосфорної кислоти).

Під впливом фермента АТФ-ази в молекулі АТФ розриваються зв'язки між фосфором і киснем і приєднується одна (а інколи дві) молекули води. Це супроводжується відщепленням одної (а інколи і двох) молекули фосфорної кислоти. Відщеплення кожної із двох кінцевих фосфатних груп у молекулі АТФ відбувається з виділенням великої кількості енергії. Внаслідок цього два кінцеві фосфатні зв'язки в молекулі АТФ дістали назву багатих на енергію зв'язків, або макроергічних. Завдяки макроергічним фосфатним зв'язкам жива клітина має зручну форму зберігання енергії; а у разі потреби ця енергія швидко вивільняється і використовується для життєдіяльності організму.

### **Обмін білків**

**Роль білків у обміні речовин.** Білки в обміні речовин займають особливе місце. Ф. Енгельс щодо ролі білків казав, що життя — спосіб існування білкових тіл, істотним моментом якого є постійний обмін речовин із зовнішнім середовищем, що оточує їх, причому з припиненням цього обміну речовин припиня-

ється і життя, що і приводить до розкладу білка. І справді, скрізь, де є життя, знаходять білки.

Білки входять до складу цитоплазми, гемоглобіну, плазми крові, багатьох гормонів, імунних тіл, підтримують сталість водно-сольового середовища організму. Без білків немає росту. Ферменти, які обов'язково беруть участь у всіх етапах обміну речовин,— білки.

**Біологічна цінність білків їжі.** Амінокислоти, які йдуть на утворення білків організму, нерівноцінні. Деякі амінокислоти (лейцин, метіонін, фенілаланін тощо) незамінні для організму (табл. 17). Якщо в їжі відсутня незамінна амінокислота, то синтез білків в організмі різко порушується. Але є амінокислоти, які можуть бути замінені іншими або синтезовані в самому організмі в процесі обміну речовини. Це замінні амінокислоти.

Таблиця 17. Склад амінокислот для побудови білків організму

Амінокислоти		Амінокислоти	
замінні	незамінні	замінні	незамінні
Аланін	Аргінін	Оксипролін	Треонін
Аспарагінова кислота	Валін	Орнітин	Триптофан
Глікокол	Гістидин	Пролін	Фенілаланін
Гліцин	Ізолейцин	Серин	
Глутамінова кислота	Лейцин	Тирозин	
Норлейцин	Лізин	Цистин	
Оксилізін	Метіонін	Цитрулін	

Білки їжі, які містять весь необхідний набір амінокислот для нормального синтезу білка організму, називають повноцінними. До них належать переважно тваринні білки. Білки їжі, які не містять всіх необхідних для синтезу білка організму амінокислот, називають неповноцінними (наприклад, желатин, білок кукурудзи, білок пшениці). Найвища біологічна цінність — у білків яєць, м'яса, молока, риби.

При змішаному харчуванні, коли в їжі є продукти тваринного і рослинного походження, в організм звичайно надходить необхідний для синтезу білків набір амінокислот.

Особливо важливе надходження всіх незамінних амінокислот для організму, який росте. Відсутність в їжі амінокислоти лізину приводить до затримання росту дитини, до виснаження її м'язової системи. Нестача валіну спричиняє розлад рівноваги у дітей.

Тепер достатньо вивчено амінокислотний склад білків різних органів і тканин людини і харчових продуктів. Тому є можливість так комбінувати продукти харчування, щоб людина одержувала в харчовому раціоні всі життєво необхідні амінокислоти в потрібних кількостях і комбінаціях.



Із поживних речовин тільки до складу білків входить азот. Тому про кількісний бік білкового харчування можна судити за азотистим балансом. Азотистий баланс — співвідношення кількості азоту, який надійшов протягом доби з їжею, і азоту, виведеного за добу із організму з сечею, калом і потом в результаті розпаду білка.

В середньому в білку міститься 16% азоту, тобто 1 г азоту в 6,25 г білка. Помноживши величину засвоєного азоту на 6,25, можна визначити кількість введеного в організм білка.

У дорослої людини звичайно спостерігається азотиста рівновага — кількість введеного азоту з їжею і виведеного з продуктами виділення дорівнюють одне одному. Коли азоту з їжею надходить в організм більше, ніж його виводиться із організму, тоді говорять про позитивний азотистий баланс. Такий баланс спостерігається у дітей у зв'язку із збільшенням маси тіла при ростові, під час вагітності, при посиленому спортивному тренуванні. Негативний баланс характеризується тим, що кількість введеного азоту менша виведеного. Він може бути при білковому голодуванні, важких хворобах.

**Розпад білків в організмі.** Ті амінокислоти, які не пішли на синтез специфічних білків, зазнають перетворень, під час яких вивільняються азотисті речовини. Від амінокислоти при цих перетвореннях відщеплюється азот у вигляді аміаку ( $\text{NH}_3$ ). Азот у вигляді аміногрупи  $\text{NH}_2$ , відщепившись від однієї амінокислоти, може переноситися на іншу, і тоді в організмі будуються ті амінокислоти, яких йому не вистачає. Ці процеси відбуваються переважно в печінці, м'язах, нирках. Безазотистий залишок амінокислоти зазнає дальших змін, в результаті утворюються вуглекислий газ і вода.

Аміак, який утворився при розпаді білків в організмі (речовина отруйна), знешкоджується в печінці, де перетворюється на сечовину; остання у складі сечі виводиться із організму.

Кінцеві продукти розпаду білків в організмі — не тільки сечовина, а й сечова кислота та інші азотисті речовини. Вони виводяться із організму з сечею та потом.

**Особливості білкового обміну в дітей.** В організмі дитини інтенсивно відбуваються процеси росту і формування нових клітин і тканин. Це вимагає надходження в дитячий організм відносно більшої кількості білка, ніж у дорослої людини. Чим інтенсивніші процеси росту, тим більша потреба в білку.

Показником рівня обміну білків у організмі є співвідношення між кількістю азоту, який вводиться в організм із білковою їжею, і кількістю азоту, що виводиться із організму з сечею. Із всіх поживних речовин тільки білки мають у своєму складі азот і тільки з ними він надходить в організм. У дітей буває позитивний азотистий баланс, тоді кількість азоту, який надходить з білковою їжею, перевищує кількість азоту, що виводиться

із сечею. Тільки тоді в організмі, що росте, задовольнятимуться потреби в білку.

Добова потреба в білку на 1 кг маси тіла у дитини на першому році життя становить 4...5 г, від 1 до 3 років — 4...4,5 г, від 6 до 10 років — 2,5...3 г, старше 12 років — 2...2,5 г, у дорослих — 1,5...1,8 г. Отже, залежно від віку і маси діти від 1 до 4 років повинні одержувати на добу білка — 30...50 г, від 4 до 7 років — близько 70 г, з 7 років — 75...80 г. При цих показниках азот максимально затримується в організмі.

Білки не відкладаються в організмі про запас, тому, якщо давати їх з їжею більше, ніж це потрібно організмові, збільшення затримання азоту і, отже, наростання синтезу білка не відбудеться. При цьому у дитини погіршується апетит, порушується кислотно-лужна рівновага, посилюється виведення азоту із сечею і калом. Дитині треба давати оптимальну кількість білка, з набором всіх необхідних амінокислот; при цьому важливо, щоб співвідношення кількості білків, жирів і вуглеводів у їжі дитини було 1:1:3; за таких умов азот максимально затримується в організмі.

Ми уже говорили, що більша частина азоту, який надходить в організм із білковою їжею, виділяється з сечею. З віком вміст азоту в сечі змінюється. В перші дні після народження азот становить 6...7% добової кількості сечі. З віком відносний вміст його в сечі зменшується.

## **Обмін жирів**

**Значення жирів у організмі.** Жир, що надійшов з їжею, у травному каналі розщеплюється на гліцерин і жирні кислоти, які всмоктуються в основному в лімфу і лише частково в кров.

Через лімфатичну і кровоносну системи жири надходять головним чином у жирову тканину, яка має для організму значення депо жиру. Багато жиру в підшкірній клітковині, навколо деяких внутрішніх органів (наприклад, нирок), а також у печінці і м'язах. Жири входять до складу клітин (цитоплазма, ядро, клітинні мембрани), де їх кількість стала. Скупчення жиру можуть виконувати також інші функції. Наприклад, підшкірний жир перешкоджає посиленій віддачі тепла, притирковий жир охороняє нирку від ушибів і т. п.

Жир використовується організмом як багате джерело енергії. При розпаді 1 г жиру в організмі вивільняється енергії у два з лишком рази більше, ніж при розпаді такої ж кількості білків або вуглеводів.

Нестача жирів у їжі веде до порушення діяльності центральної нервової системи і органів розмноження, знижує стійкість до різних захворювань.

Жир синтезується в організмі не тільки із гліцерину і жирних кислот, а й з продуктів обміну білків і вуглеводів.

Деякі неграничні жирні кислоти, необхідні організмові (лінолева, ліноленова, арахідонова), повинні надходити в організм у готовому вигляді, бо він не може їх синтезувати. Містяться неграничні жирні кислоти в оліях. Найбільше їх в лляній і конопляній олії, але багато лінолевої кислоти і в соняшниковій олії. Цим пояснюється висока поживна цінність маргарину, в якому міститься значна кількість рослинних жирів.

З жирами в організм надходять розчинні в них вітаміни (вітаміни А, D, Е тощо), які мають для людини життєво важливе значення.

На 1 кг маси дорослої людини на добу повинно надходити з їжею 1,25 г жирів (80...100 г на добу).

Кінцеві продукти обміну жирів — вуглекислий газ і вода.

**Особливості обміну жирів у дітей.** В організмі дитини з першого півріччя життя за рахунок жирів забезпечується приблизно на 50% потреба в енергії. Без жирів неможливе вироблення загального і специфічного імунітету. Обмін жирів у дітей нестійкий, при нестачі в їжі вуглеводів або при посиленій витраті їх швидко вичерпується депо жиру.

Всмоктування жирів у дітей інтенсивне. При грудному вигодовуванні засвоюється до 90% жирів молока, при штучному — 85...90%; у старших дітей жири засвоюються на 95...97%.

Для кращого використання жиру в їжі дітей повинно бути досить також вуглеводів, бо при дефіциті вуглеводів у їжі відбувається неповне окислення жирів і у крові накопичуються кислі продукти обміну.

Потреба організму в жирах на 1 кг маси тіла тим вища, чим менший вік дитини (табл. 18).

Таблиця 18. Потреба в жирах на 1 кг маси

Вік	Потреба в жиrowі, г	Вік	Потреба в жиrowі, г
Немовля	5,5...6	Старше 7 років	2,5...2
Від 1 до 4 років	4...3,5	10...11 »	1,5
Від 4 до 7 »	3...2,5	16...10 »	1

З віком збільшується абсолютна кількість жиру, необхідного для нормального розвитку дітей. Від 1 до 3 років добова потреба в жиrowі 32,7 г, від 4 до 7 років — 39,2 г, від 8 до 13 років — 38,4 г.

### Обмін вуглеводів

**Роль вуглеводів в організмі.** Протягом життя людина з'їдає близько 10 т вуглеводів. Вони надходять в організм головним чином у вигляді крохмалю. Розщепившись у травному каналі

до глюкози, вуглеводи всмоктуються в кров і засвоюються клітинами. Особливо багата на вуглеводи рослинна їжа: хліб, крупи, овочі, фрукти. Продукти тваринного походження (за винятком молока) містять мало вуглеводів.

Вуглеводи — головне джерело енергії, особливо при посиленій м'язовій роботі. У дорослих людей більше половини енергії організм одержує за рахунок вуглеводів. Розпад вуглеводів із вивільненням енергії може відбуватися як у безкисневих умовах, так і в присутності кисню. Кінцеві продукти обміну вуглеводів — вуглекислий газ і вода. Вуглеводи мають здатність швидко розпадатися і окислятися.

При сильному втомленні, під час важких спортивних змагань споживання кількох шматочків цукру поліпшує стан організму.

В крові кількість глюкози підтримується на відносно сталому рівні (близько 110 мг%). Зменшення вмісту глюкози веде до зниження температури тіла, розладу діяльності нервової системи, втомлення. У підтриманні постійного рівня цукру в крові велику роль відіграє печінка. Підвищення кількості глюкози зумовлює відкладення її в печінці у вигляді запасного тваринного крохмалю — глікогену. Глікоген мобілізується печінкою при зниженні вмісту цукру у крові. Глікоген утворюється не тільки у печінці, а й у м'язах, де його може накопичуватися до 1—2%. Запаси глікогену в печінці досягають 150 г. При голодуванні і м'язовій роботі ці запаси скорочуються.

Якщо вміст глюкози в крові збільшується до 0,17%, то вона починає виводитися із організму з сечею. Звичайно це відбувається при вживанні з їжею великої кількості вуглеводів. Тим самим вміст цукру в крові вирівнюється.

Проте в крові може бути і стійке підвищення вмісту цукру. Це трапляється при порушенні функції залоз внутрішньої секреції (головним чином підшлункової), що приводить до розвитку цукрового діабету. При цьому захворюванні втрачається здатність тканин засвоювати цукор, а також перетворювати його в глікоген і відкладати в печінці. Тому рівень цукру в крові завжди підвищений, що спричинює посилене виділення його з сечею.

Значення глюкози для організму не вичерпується її роллю як джерела енергії. Вона входить до складу цитоплазми і, отже, необхідна для утворення нових клітин, особливо в період росту. Входять вуглеводи і до складу нуклеїнових кислот.

Вуглеводи мають важливе значення також для обміну речовин у центральній нервовій системі. При різкому зниженні кількості цукру в крові бувають різкі розлади діяльності нервової системи. Настають судоми, марення, втрата свідомості, зміна діяльності серця. Якщо такій людині ввести в кров глюкозу або дати з'їсти звичайний цукор, то через деякий час ці важкі симптоми минають.

Повністю цукор із крові не зникає навіть при відсутності його в їжі, бо в організмі вуглеводи можуть утворюватися із білків і жирів.

Потреба в глюкозі різних органів неоднакова. Мозок затримує до 12% глюкози, що надходить до організму, кишечник — 9, м'язи — 7, нирки — 5%. Селезінка і легені майже зовсім її не затримують.

**Обмін вуглеводів у дітей.** У дітей обмін вуглеводів здійснюється з великою інтенсивністю, що пояснюється високим рівнем обміну речовин взагалі в дитячому організмі. Вуглеводи в дитячому організмі виконують не тільки роль основних джерел енергії, а й важливу пластичну роль при формуванні клітинних оболонок, речовини сполучної тканини. Вуглеводи беруть участь в окисленні кислих продуктів білкового і жирового обміну, чим сприяють підтриманню кислотно-лужної рівноваги в організмі.

Інтенсивний ріст дитячого організму потребує значної кількості пластичного матеріалу — білків і жирів. Тому в дітей утворення вуглеводів із білків і жирів обмежене.

Добова потреба у вуглеводах у дітей висока і становить у грудному віці 10...12 г на 1 кг маси тіла. В наступні роки потрібна кількість вуглеводів коливається від 8...9 до 12...15 г на 1 кг маси.

Від 1 до 3 років на добу дитині треба давати з їжею в середньому 193 г вуглеводів, від 4 до 7 років — 287 г, від 9 до 13 років — 370 г, від 14 до 17 років — 470 г, дорослому — 500 г.

Засвоюються вуглеводи дитячим організмом краще, ніж дорослим (у немовлят на 98...99%). Проте, як говорилося вище, при надмірній кількості цукру, який надійшов у організм, він виводиться з сечею. Взагалі діти відрізняються відносно більшою витривалістю до підвищеного вмісту цукру в крові, ніж дорослі.

У дорослих глюкоза з'являється в сечі, якщо її надходить 2,5...3 г на 1 кг маси тіла, тоді як у дітей лише при надходженні 8...12 г глюкози на 1 кг маси. Вживання значної кількості вуглеводів з їжею може призвести до збільшення у дітей цукру в крові у два рази, але уже через годину вміст цукру в крові починає знижуватися, а через 2 год повертається до норми.

### **Водний і мінеральний обмін. Вітаміни**

**Значення води і мінеральних солей.** Всі перетворення речовин в організмі здійснюються у водному середовищі. Вода розчиняє харчові речовини, які надійшли в організм. Разом з мінеральними речовинами вона бере участь у побудові клітин і в багатьох реакціях обміну.

Вода бере участь у регулюванні температури тіла; випаровуючись, вона охолоджує тіло, охороняючи його від перегрівання, транспортує розчинені речовини.

Вода і мінеральні солі створюють в основному внутрішнє середовище організму, будучи основною складовою частиною плазми крові, лімфи і тканинної рідини. Деякі солі, розчинені в рідкій частині крові, беруть участь у перенесенні газів кров'ю.

Вода і мінеральні солі входять до складу травних соків, що значною мірою визначає їхнє значення для процесів травлення. І хоч ні вода, ні мінеральні солі не є джерелом енергії в організмі, нормальне надходження і виведення їх із організму є умовою його нормальної діяльності. Досить сказати, що вода у дорослої людини становить приблизно 65% маси тіла, а у дітей — близько 80%.

Втрата організмом води призводить до дуже тяжких порушень. Наприклад, при розладі травлення у немовлят найнебезпечнішим є зневоднювання організму, що тягне за собою судоми, втрату свідомості. Позбавлення людини води на кілька днів смертельне.

**Водний обмін.** Організм поповнюється водою постійно внаслідок всмоктування її із травного каналу. Людині потрібно на добу 2...2,5 л води при нормальному харчовому режимі та нормальній температурі навколишнього середовища. Ця кількість води складається із таких джерел: 1) води, споживаної при питті (близько 1 л); 2) води, яка міститься в їжі (близько 1 л); 3) води, яка утворюється в організмі під час обміну білків, жирів і вуглеводів (300...350 см<sup>3</sup>).

Основні органи, які виділяють воду із організму, — нирки, потові залози, легені і кишки. Нирки за добу виділяють із організму 1,2...1,5 л води у складі сечі. Потові залози через шкіру у вигляді поту виділяють 500...700 см<sup>3</sup> води за добу. При нормальній температурі і вологості повітря на 1 см<sup>2</sup> шкірного покриву кожні 10 хв виділяється близько 1 мг води.

Легенями у вигляді водяної пари виводиться 350 см<sup>3</sup> води. Ця кількість різко зростає при поглибленні і прискоренні дихання, і за добу тоді може виділятися 700...800 см<sup>3</sup> води.

Через кишки з калом виводиться за добу 100...150 см<sup>3</sup> води. При розладі діяльності кишок може виділятися більша кількість води (при проносі), що призводить до збіднення організму водою. Для нормальної діяльності організму важливо, щоб надходження води в організм повністю покривало витрату її.

Якщо води виводиться із організму більше, ніж надходить в нього, виникає відчуття спраги. Відношення кількості вжитої води до кількості виділеної становить водний баланс.

**Значення води в процесі росту і розвитку дитини.** В організмі дитини переважає позаклітинна вода, з цим пов'язана велика гідролабільність дітей, тобто здатність швидко втрачати і швидко набирати воду. Потреба у воді на 1 кг маси тіла з віком

зменшується, а абсолютна кількість її зростає. Тримісячній дитині потрібно 150...170 г води на 1 кг маси, в 2 роки — 95 г, в 12...13 років — 45 г. Добова потреба у воді у річної дитини 80 мл, в чотири роки — 950...1000 мл, в 5...6 років — 1200 мл, в 7...10 років — 1350 мл, в 11...14 років — 1500 мл.

Значення мінеральних солей у процесі росту і розвитку дитини. З наявністю мінеральних речовин пов'язане явище збудливості — одна із основних властивостей живого (натрій, калій, хлор). Ріст і розвиток кісток, нервових елементів, м'язів залежать від вмісту мінеральних речовин. Вони визначають реакцію крові (рН)), сприяють нормальній діяльності серця і нервової системи, використовуються для утворення гемоглобіну (залізо), соляної кислоти шлункового соку (хлор). Мінеральні солі створюють необхідний для життєдіяльності клітин певний осмотичний тиск.

У новонародженого мінеральні речовини становлять 2,55% маси тіла, у дорослого — 5%.

При змішаному харчуванні доросла людина одержує всі необхідні їй мінеральні речовини в достатній кількості з їжею. Тільки кухонну сіль добавляють до їжі при її кулінарній обробці. Дитячий організм, який росте, особливо потребує додаткового надходження багатьох мінеральних речовин.

Мінеральні речовини справляють важливий вплив на розвиток дитини. З кальцієвим і фосфорним обміном пов'язані ріст кісток, строки окостеніння хрящів і стан окислювальних процесів у організмі. Кальцій впливає на збудливість нервової системи, скоротність м'язів, здатність крові зсідатися, білковий і жировий обмін в організмі. Фосфор потрібний не тільки для росту кісткової тканини, а й для нормального функціонування нервової системи, більшості залозистих та інших органів.

Залізо входить до складу гемоглобіну крові.

Найбільша потреба в кальції відзначається на першому році життя дитини; в цьому віці вона у 8 разів більша, ніж на другому році життя, і в 13 разів більша, ніж на третьому році, потім потреба в кальції знижується, трохи підвищуючись у період статевого дозрівання. Добова потреба в кальції у школярів 0,68...2,36 г. Добова потреба у фосфорі 1,5...4,0 г.

Оптимальне співвідношення між концентрацією солей кальцію і фосфору для дітей шкільного віку становить 1:1, у віці 8...10 років — 1 : 1,5, у підлітків і старших школярів — 1 : 2. При таких показниках розвиток скелета відбувається нормально. В молоці ідеальне співвідношення солей кальцію і фосфору, тому включення молока в раціон харчування дітей обов'язкове.

Потреба в залізі у дітей вища, ніж у дорослих (1...1,2 мг на 1 кг маси на добу, а у дорослих — 0,9 мг). Натрію діти повинні одержувати 25...40 мг на добу, калію — 12...30 мг, хлору — 12...15 мг.

**Вітаміни.** Вітаміни — органічні сполуки, конче потрібні для нормального функціонування організму. Вітаміни входять до складу багатьох ферментів. Цим пояснюється важлива роль вітамінів в обміні речовин. Вітаміни сприяють дії гормонів, а також підвищенню опірності організму до несприятливих впливів зовнішнього середовища (інфекція, дія високої і низької температури тощо). Вони необхідні для стимулювання росту, відновлення тканин і клітин після травм і операцій.

На відміну від ферментів і гормонів більшість вітамінів не утворюється в організмі людини. Головним джерелом їх є овочі, фрукти і ягоди. Містяться вітаміни також у молоці, м'ясі, рибі. Вітаміни потрібні в дуже невеликій кількості, але нестача їх або відсутність у їжі порушує утворення відповідних ферментів, що веде до захворювань — авітамінозів.

Всі вітаміни поділяють на дві великі групи: 1) розчинні у воді; 2) розчинні в жирах.

До водорозчинних вітамінів відносять групу вітамінів В, вітаміни С і Р.

До жиророзчинних вітамінів належать вітаміни А<sub>1</sub> і А<sub>2</sub>, D, E, К.

**Вітамін В<sub>1</sub> (тіамін, аневрин)** міститься в лісових горіхах, очищеному рисі, хлібі грубого помелу, ячмінній і вівсяній крупах, особливо багато його в пивних дріжджах і печінці. Добова потреба в вітаміні у дітей до 7 років 1 мг, від 7 до 14 років — 1,5 мг, з 14 років — 2 мг, дорослих — 2...3 мг.

При відсутності в їжі вітаміну В<sub>1</sub> розвивається захворювання бері-бері. Хворий втрачає апетит, швидко втомлюється, поступово з'являється слабкість у м'язах ніг. Потім настає втрата чутливості в м'язах ніг, ураження слухового і зорового нервів, гинуть клітини довгастого і спинного мозку, настає параліч кінцівок. Без своєчасного лікування настає смерть.

**Вітамін В<sub>2</sub> (рибофлавін).** У людини першими ознаками відсутності цього вітаміну є ураження шкіри (найчастіше в області губ). З'являються тріщини, які мокріють і вкриваються темною кіркою. Далі розвивається ураження очей і шкіри, яке супроводжується відпаданням зроговілих лусочок. Пізніше можуть розвиватися злоякісне некрозів'я, ураження нервової системи, раптове падіння артеріального тиску, судоми, втрата свідомості.

Міститься вітамін В<sub>2</sub> в хлібі, гречаній крупі, молоці, яйцях, печінці, м'ясі, томатах. Добова потреба в ньому 2...4 мг.

**Вітамін РР (нікотинамід)** міститься в зелених овочах, моркві, картоплі, горосі, дріжджах, гречаній крупі, житньому хлібі, молоці, м'ясі, печінці. Добова потреба в ньому у дітей 15 мг, дорослих — 15...25 мг.

При авітамінозі РР відмічається відчуття жару в роті, сильне слиновиділення і проноси. Язик стає малиново-червоним. На руках, шиї, обличчі з'являються червоні плями. Шкіра стає груба і шершава, тому захворювання дістало назву пелагра



(від італ. *pella agna* — шершава шкіра). При важкому перебігові хвороби слабшає пам'ять, розвиваються психози і галюцинації.

**Вітамін В<sub>12</sub> (ціанкобаламін)** у людини синтезується в кишках. Міститься в нирках, печінці ссавців і риб. При його нестачі в організмі розвивається злоякісне недокрів'я, пов'язане з порушенням утворення еритроцитів.

**Вітамін С (аскорбінова кислота)** дуже поширений у природі в овочах, фруктах, хвої, в печінці. Добре зберігається аскорбінова кислота у квашеній капусті. У 100 г хвої міститься 250 мг вітаміну С, в 100 г шипшини — 150 мг. Потреба в вітаміні С 50...100 мг на день.

Нестача вітаміну С спричинює захворювання на цингу. Звичайно хвороба починається із загальної слабкості, пригніченості. Шкіра набуває бруднувато-сірого відтінку, ясна кровоточать, випадають зуби. На тілі з'являються темні плями крововиливів, деякі з них вкриваються виразками і викликають різкий біль. Раніше дуже часто цинга забирала багато людських життів.

**Вітамін А (ретинол, аксерофтол)** в організмі людини утворюється із поширеного природного пігмента каротину, який є у великих кількостях у свіжій моркві, помідорах, салаті, абрикосах, риб'ячому жиrowі, вершковому маслі, печінці, нирках, жовтку яєць. Добова потреба дітей у вітаміні А 1 мг, дорослих — 2 мг.

При нестачі вітаміну А уповільнюється ріст дітей, розвивається «куряча сліпота», тобто різке падіння гостроти зору при неясковому освітленні, яке призводить у тяжких випадках до повної, але оборотної сліпоти.

**Вітамін D (ергокальциферол).** Однією із найпоширеніших хвороб дитячого віку, яка в деяких країнах уражає понад половину дітей у віці до п'яти років, є рахіт. При рахіті порушується процес формування кісток, кістки черепа стають м'які і податливі, кінцівки викривляються. На розм'якшених ділянках черепа утворюються гіпертрофовані тім'яні і лобові бугри. Мляві, бліді, з неприродно великою головою і коротким кривоногим тілом, великим животом, такі діти різко відстають у розвитку.

Всі ці важкі порушення спричинені відсутністю або нестачею в організмі вітаміну D, який міститься в жовтках, коров'ячому молоці, риб'ячому жирі.

Вітамін D може утворюватися в шкірі людини із провітаміну ергостеролу під впливом ультрафіолетових променів. Зрозуміло у зв'язку з цим, чому діти найчастіше хворіють на рахіт взимку, ніж влітку. Риб'ячий жир, перебування на сонці або штучне ультрафіолетове опромінення є могутніми засобами запобігання і лікування рахіту.

## Вікові особливості енергетичного обміну

**Основний обмін.** Навіть в умовах повного спокою людина витрачає деяку кількість енергії. В організмі безперервно витрачається енергія на фізіологічні процеси, які не припиняються ні на хвилину.

Мінімальний для організму рівень обміну речовин і енергетичних затрат називають основним обміном. Основний обмін визначають у людини у стані м'язового спокою — лежачи, натщесерце, тобто через 12...16 год після їди, при температурі навколишнього середовища 18...20°С (температура комфорту). У людини середнього віку основний обмін становить 4,187 кДж на 1 кг маси на 1 год. В середньому це 7 140...7 560 кДж на добу. Для кожної людини величина основного обміну відносно стала.

Основний обмін у дітей інтенсивніший, ніж у дорослих, бо на одиницю маси у них припадає відносно більша поверхня тіла, ніж у дорослої людини. Значно переважають також процеси асиміляції над процесами дисиміляції.

Енергетичні затрати на ріст тим більші, чим молодша дитина. Так, витрата енергії, пов'язана з ростом, у віці трьох місяців становить 36%, у віці шести місяців — 26%, дев'яти місяців — 21% загальної енергетичної цінності їжі.

Колівання основного обміну і велика його інтенсивність у молодшому віці добре виражені при розрахунку як на одиницю маси, так і на одиницю поверхні (табл. 19).

Таблиця 19. Зміна основного обміну у дітей

Вік, роки	Величина основного обміну, кДж			
	на 1 кг маси		на 1 м <sup>2</sup> поверхні	
	хлопчики	дівчатка	хлопчики	дівчатка
8	240,66	200,84	6190,8	5106,4
9	220,08	189	5821,2	5019
10	201,6	180	5392,8	4893
11	202,02	186,06	5586	4118,8
12	173,54	169,26	5103	4946,8
13	168,80	151,2	4851	4557
14	165,48	142,8	4909,8	4510
15	151,2	132,3	4799	4477,2
16	140,28	115,5	4897	4054,2
17	129,36	113,4	4968,6	3864
18	118,02	106,26	4835,2	3604,4

Основний обмін на 1кг маси у дорослої людини становить 96,6 кДж. Таким чином, у дітей 8...10 років основний обмін у 2...2,5 рази вищий, ніж у дорослих.

Величина основного обміну у дівчаток трохи нижча, ніж у хлопчиків. Ця різниця починає виявлятися уже у другій половині першого року життя. Виконувана робота у хлопчиків викликає більші витрати енергії, ніж у дівчаток.

Визначення величини основного обміну часто має діагностичне значення. Підвищується основний обмін при надмірній функції щитовидної залози і деяких інших захворюваннях. При недостатності функції щитовидної залози, гіпофіза, статевих залоз основний обмін знижується.

**Витрата енергії при м'язовій діяльності.** Чим важча м'язова робота, тим більше енергії витрачає людина. У школярів підготовка до уроку, урок у школі вимагають енергії на 20...50% більше, ніж енергія основного обміну.

При ходінні затрати енергії на 150...170% перевищують основний обмін. Під час бігу, підймання по сходах затрати енергії перевищують основний обмін у 3...4 рази.

Тренування організму значно скорочує витрати енергії на виконувану роботу. Це пов'язане із зменшенням кількості м'язів, які беруть участь у роботі, а також із зміною дихання і кровообігу.

При механізації праці в сільському господарстві і промисловості, впровадженні машинної техніки знижуються затрати енергії людьми, що працюють. При розумовій праці енергетичні затрати нижчі, ніж при фізичній.

У людей різних професій затрати енергії різні.

Відносна величина загальної добової витрати енергії з віком зменшується (табл. 20). У хлопчиків загальна добова витрата енергії більша, ніж у дівчаток.

Т а б л и ц я 20. Добова витрата енергії на 1 кг маси тіла (за В. І. Молчановим)

Вік	Добова витрата енергії, кДж	Вік	Добова витрата енергії, кДж
1... 3 місяці	462...504	7...10 років	252...294
3... 6 місяців	420...462	11...15 років	189...281
6...12 місяців	378...420	Дорослі	147...168
2... 6 років	294...315		

### Харчування

**Енергія харчових речовин.** На сьогодні склалася концепція збалансованого харчування. Згідно з цією концепцією кількість їжі, яку споживають, повинна відповідати енергетичним затратам людини. Іншими словами, в харчуванні повинен постійно витримуватися певний енергетичний баланс.

Енергетична цінність 1 г білків і 1 г вуглеводів дорівнює 17,22 кДж, а 1 г жиру — 39,06 кДж. Знаючи енергетичну цін-

ність спожитих з їжею білків, жирів і вуглеводів, можна підрахувати калорійність харчового раціону людини, що має важливе значення при організації раціонального харчування.

**Норми харчування.** При складанні харчового раціону звичайно враховують калорійність їжі, яку споживають. Проте цього не досить для організації повноцінного харчування.

Для організму важливо, щоб у їжі були всі необхідні харчові речовини (білки, жири, вуглеводи, вода, мінеральні солі та вітаміни). Важливе значення має також співвідношення харчових речовин у раціоні. Для дітей молодшого шкільного віку найкращим вважається співвідношення білків до жирів і вуглеводів 1 : 1 : 6, для дітей більш раннього віку — 1 : 2 : 3, для дорослих — 1 : 1 : 4.

В табл. 21 наведено добові норми білків, жирів і вуглеводів, необхідні для організації раціонального харчування дітей.

Таблиця 21. Добові норми білків, жирів і вуглеводів у їжі дітей і підлітків, г

Вік	Білки		Жири	Вуглеводи
	загальна кількість	тваринного походження		
До 2...3 місяців	8...10	8...10	25...30	50...55
5...6 місяців	12...15	12...15	35...40	60...75
1...1,5 року	45...48	36	40...50	90...120
3...4 роки	60...63	44	60...70	180...230
5...7 років	72...75	47	75...80	250...300
8...11 років	75...95	56	80...95	350...380
12...14 років	90...110	64	90...110	380...400
15...16 років	100...120	68	90...110	420...450

При складанні раціонів харчування дітей особливу увагу треба приділяти забезпеченню дитячого організму вітамінами і мінеральними речовинами (табл. 22).

Таблиця 22. Добова потреба людини у вітамінах, мг

Вік	Вітаміни						
	A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>12</sub>	PP	C	D (в Іо) <sup>1</sup>
7...12 років	1,5	1,5	3,0	1,5	15	60	500, на Півночі до 2000
13...15 років	1,5	2,0	3,0	2,0	20	70	
16...18 років	1,5	2,5	3,5	2,0	25	70	
Дорослі	1,5	2,0	2,5	2,0	15	70	

<sup>1</sup> Іо — інтернаціональна одиниця; 1 мг вітаміну Д — 40 000 Іо.

При змішаному харчуванні в організм надходить різноманітний набір амінокислот, вітамінів, тому цінність їжі підвищується. Різноразманітна їжа викликає кращий апетит, сильну секрецію травних соків, що сприяє їй кращому засвоєнню. Їжа повинна бути достатньою за об'ємом і калорійністю, тобто повинна викликати відчуття ситості і повністю покривати всі енергетичні затрати організму. Маса вживаної їжі має бути залежно від віку від 2000 до 2600 г на добу.

**Режим харчування.** Поняття «раціональне харчування» включає в себе не тільки кількість і якість їжі, яку вживають, а й правильний режим її вживання, тобто розподіл добового раціону за часом.

Харчова і біологічна цінність продуктів знижуються, коли їдять практично два рази на день; діти взагалі погано переносять тривалі перерви в годуванні. При надто частому харчуванні їжа не встигає перетравлюватися, діти втрачають апетит.

Для дітей у перші два місяці життя найраціональнішим є 7-разове годування, у віці від 3 до 5 місяців — 6-разове, від 5 місяців до 1 року — 5-разове харчування. Для учнів найраціональніше 4-разове прийняття їжі. При такому режимі харчування інтервал між споживанням їжі не перевищує 4 год.

Істи треба в один і той же час. При цьому утворюється умовний рефлекс на час, у шлунку виділяється апетитний сік, який сприяє кращому травленню.

Рапковий сніданок дітей повинен бути ситним і містити не менше 25% добового раціону. Другий сніданок у школі може становити 20% добового раціону. В шкільному гарячому сніданкові повинно міститися 15...30 г білка, 15...20 г жиру, 80...100 г вуглеводів. Обід звичайно становить 35% добового раціону, вечеря — близько 20%.

М'ясні і рибні страви рекомендується вживати в першій половині дня, бо вони багаті на екстрактивні речовини і збудливо діють на нервову систему, ввечері рекомендуються молочно-рослинні страви.

В раціон рекомендується включати  $\frac{1}{3}$  білків і жирів у вигляді продуктів тваринного походження.

---

## РОЗДІЛ XII

### Вікові особливості виділення

#### Значення процесів виділення

В процесі обміну речовин утворюються продукти розпаду. Частина цих продуктів використовується організмом, інші видаляються з нього.

Через легені виводяться із організму вуглекислий газ, вода і леткі речовини. Кишки виділяють деякі солі у складі калу, потові залози — воду, солі, органічні речовини.

Основна роль у видільних процесах належить ниркам, які виводять із організму воду, солі, аміак, сечовину, сечову кислоту, відновлюючи сталість осмотичних властивостей крові.

Через нирки видаляються деякі отруйні речовини, що утворюються в організмі або вживаються у вигляді ліків.

Нирки підтримують певну сталу реакцію крові. При накопиченні в крові кислих або лужних продуктів обміну через нирки збільшується виділення надлишків відповідних солей. У підтриманні сталості реакції крові дуже важливу роль відіграє здатність нирок синтезувати аміак, який зв'язує кислі продукти, замінюючи в них натрій і калій. При цьому утворюються амонієві солі, які виводяться у складі сечі, а натрій і калій зберігаються для потреб організму.

### **Будова нирок**

Нирки (їх дві — права і ліва) мають форму бобу; зовнішній край нирки опуклий, внутрішній — угнутий. Вони червоно-бурого кольору, масою близько 120 г.

Розташовані нирки в поперековій області по обох боках хребта на рівні XII грудного, I і II поперекових хребців. Права нирка лежить на 2...3 см нижче лівої. До верхнього кінця кожної нирки прилягає надниркова залоза.

На угнутому, внутрішньому, краєві нирки є глибока вирізка. Це ворота нирки. Сюди входить артерія, а виходять ниркова вена і сечовід.

Речовина нирки вкрита щільною, яка легко знімається, фіброзною капсулою. Зовні нирки знаходиться шар жирової клітковини — жирова капсула.

В нирках відбувається процес утворення сечі із речовин, що їх приносять кров. Будова нирки складна. В ній розрізняють зовнішній, темніший, кірковий шар і внутрішній, мозковий, шар (рис. 55).

Кіркова речовина нирки займає всю периферію нирки, у вигляді стовпчиків входить у мозкову речовину і поділяє її на 15...20 поперечних пірамід, основи яких повернені назовні, до кіркової речовини, а верхівки — до ниркової миски.

Кіркова речовина нирки червоно-бурого кольору, товщина її 5...7 мм, мозкова речовина нирки світліша.

Структурна і функціональна одиниця нирки — тільце нирки (нефрон). У кожній нирці нараховують близько 1 млн. мікроскопічних тілець.

Тільце нирки (рис. 56) починається в кірковій речовині великою капсулою, що має форму двостінної чаші, всередині якої знаходиться клубочок кровоносних капілярів. Між стінками капсули є порожнина, від якої починається нирковий каналець. Він звивається і потім переходить у мозковий шар. Це звивистий нирковий каналець.

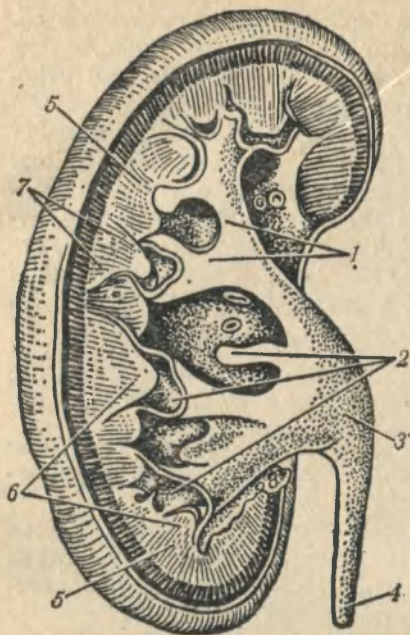


Рис. 55. Права нирка (передня частина видалена):

1 — велика чашка; 2 — малі чашечки; 3 — миска; 4 — сечовід; 5 — мозкова речовина; 6 — піраміди; 7 — кіркова речовина.

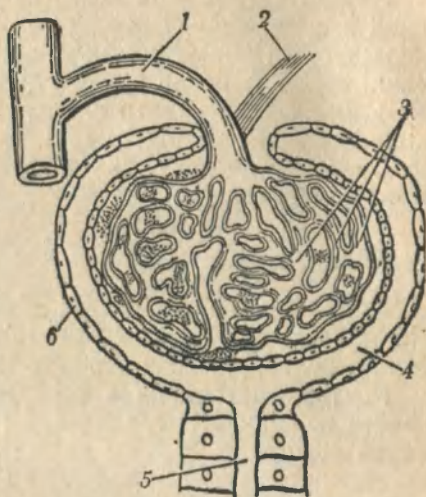


Рис. 56. Схема будови ниркового тільця:

1 — приносна судина; 2 — виносна судина; 3 — капіляри клубочка; 4 — порожнина капсули; 5 — закручений каналець; 6 — капсула.

В мозковому шарі нирки каналець випрямляється, утворює петлю і повертається у кірковий шар. Тут сечовий каналець знову закручується і потім впадає у вивідну протоку — збірну ниркову трубочку. Збірні ниркові трубочки, зливаючись, утворюють загальні вивідні протоки. Ці протоки проходять через мозковий шар нирки до верхівок пірамід.

Кожні 2—3 ниркові піраміди своїми вершинами зливаються разом, утворюючи сосочок. На сосочках є численні отвори, якими закінчуються вивідні трубочки, що відкриваються в чашечки. Чашечки є початком сечовидільних шляхів. Малі ниркові чашечки, зливаючись одна з однією, утворюють 2—3 великі ниркові чашки, які в свою чергу переходять у ниркову миску.

Ниркова миска — лікоподібна, сплющена порожнина з тонкими стінками. Сеча із ниркових мисок надходить у сечоводи, які сполучені з сечовим міхуром.

Загальна довжина каналців одного тільця нирки досягає 32...50 мм. У нирках є приблизно 130 км трубочок, по яких проходить рідина. Щодоби у нирках фільтрується близько 170 л рідини, яка концентрується приблизно в 1,5 л сечі і виділяється із організму в навколишнє середовище.

## Утворення сечі

Утворення сечі у нирках відбувається у дві фази. Перша фаза — фільтраційна. На цьому етапі за рахунок різниці тиску в капілярах клубочка ниркового тільця і в капсулі ниркового тільця відбувається фільтрація речовин, що містяться в крові, в порожнину капсули ниркового тільця.

В порожнину капсули із плазми крові фільтрується вода, неорганічні солі, сечовина, сечова кислота, глюкоза, амінокислоти. Білки не проходять у порожнину капсули і залишаються в крові.

Рідина, яка профільтрувалася у просвіт капсули, має назву первинної сечі. За складом вона відповідає плазмі крові без білків (табл. 23).

Таблиця 23. Склад плазми крові, первинної і вторинної сечі, %

Речовина	Плазма крові	Первинна сеча	Вторинна сеча
Вода	90...92	Влизько 99	99...98
Білки, жири, глікоген	7...9	Нема	Нема
Глюкоза	0,1	0,1	»
Натрій (у вигляді іонів)	0,3	0,3	0,4
Хлор (у вигляді іонів)	0,37	0,37	0,7
Калій (у вигляді іонів)	0,02	0,02	0,15
Сульфат (у вигляді іонів)	0,002	0,002	0,18
Магній (у вигляді іонів)	0,0025	0,0025	0,006
Сечовина	0,03	0,03	2,0
Сечова кислота	0,004	0,004	0,05

За добу у дорослої людини утворюється близько 150...170 л первинної сечі.

В другу фазу утворення сечі відбувається всмоктування води і деяких складових частин первинної сечі назад у кров. Первинна сеча віддає крові воду, багато солей, глюкозу, амінокислоти та інші речовини. Сечовина, сечова кислота назад не всмоктуються.

Крім зворотного всмоктування, або реабсорбції, в каналцях нирки відбувається й активний процес секреції. Завдяки секреторній функції каналців із організму виділяються речовини, які з якихось причин не можуть профільтруватися із клубочка капілярів в порожнину капсули ниркового тільця (фарби, лікарські речовини).

В результаті зворотного всмоктування й активної секреції в сечових каналцях утворюється у дорослої людини близько 1,5 л вторинної (кінцевої) сечі на добу.

З віком змінюються кількість і склад сечі. Сечі у дітей виділяється порівняно більше, ніж у дорослих, а сечовипускання



відбувається частіше внаслідок інтенсивного водного обміну і відносно більшої кількості води і вуглеводів у раціоні харчування дитини.

Тільки в перші 3...4 дні кількість сечі, яка виділяється, у дітей невелика. У місячної дитини сечі виділяється за добу 350...380 мл, на кінець першого року життя — 750 мл, в 4...5 років — близько 1 л, в 10 років — 1,5 л, а в період статевого дозрівання — до 2 л.

У новонароджених реакція сечі різко кисла, з віком стає слабко кисла, і змінюватися реакція сечі може залежно від характеру їжі, яку одержує дитина. При харчуванні переважно м'ясною їжею в організмі утворюється багато кислих продуктів обміну, відповідно і сеча стає кислішою. При вживанні рослинної їжі реакція сечі може змінюватися в лужний бік.

У новонароджених дітей підвищена проникність ниркового епітелію, тому в сечі майже завжди виявляється білок. Пізніше у здорових дітей і дорослих білка в сечі не повинно бути.

У дітей 3...4 місяців життя сечовини в сечі відносно менше, ніж у дорослих. Кількість сечовини поступово наростає і збільшується вдвоє у дітей двох років. З віком збільшується кількість сечовини в сечі дітей і знижується кількість сечової кислоти.

Іони натрію і хлориди у дітей легко всмоктуються із сечовини каналців у кров, ось чому хлоридів у сечі немовлят приблизно в 10 разів менше, ніж у дорослих. Кількість хлоридів у сечі дітей з віком збільшується. Діти схильні до затримання натрію в організмі. З віком кількість натрію у сечі збільшується. У дітей від 6 до 14 років кількість натрію в добовій сечі коливається від 2 до 5 г, у дорослих в 1 л сечі міститься 3...5,2 г натрію.

**Нічне нетримання сечі.** Випускання сечі — процес рефлекторний. Сеча, яка надходить у сечовий міхур, спричинює підвищення тиску в пьому, що подразнює рецептори, які містяться у стінці міхура. Виникає збудження, яке доходить до центра сечовипускання в нижній частині спинного мозку. Звідси імпульси надходять до мускулатури міхура, примушуючи її скорочуватися; сфінктер при цьому розслаблюється, і сеча витікає із міхура в сечовипускний канал. Це мимовільне випускання сечі. Воно спостерігається у немовлят.

Старші діти, як і дорослі, можуть довільно затримувати і викликати сечовипускання. Це пов'язане із встановленням кіркової, умовнорефлекторної регуляції сечовипускання. Звичайно до дворічного віку у дітей формуються умовнорефлекторні механізми затримання сечовипускання не тільки вдень, а й вночі.

Проте у 5...10% дітей у віці до 13...14 років спостерігається нічне нетримання сечі — енурез. Це своєрідне захворювання

дитини. Таку дитину треба не соромити, не залякувати, а лікувати.

Нічному нетриманню сечі сприяє вживання перед сном великої кількості рідини (чай, кава, молоко). Дітям, які хворіють на енурез, не треба на ніч давати багато рідкої їжі, слід виключити із раціону гострі страви. В деяких випадках енурез розвивається через шкірні захворювання, при наявності глистів. Необхідно привчати дітей тримати в чистоті зовнішні сечостатеві органи, обмивати їх теплою водою з милом вранці і ввечері, перед сном.

## Список литературы

Леонтьева Н. Н., Маринова К. В., Каплун Э. Г. Анатомия и физиология детского организма (Основы учения о клетке и развитии организма, нервная система, опорно-двигательный аппарат) / Под ред. Н. Н. Леонтьевой. М., Просвещение, 1976.

Леонтьева Н. Н., Маринова К. В. Анатомия и физиология детского организма (внутренние органы). М., Просвещение, 1976.

Возрастная физиология. Л., Наука, 1975.

Кабанов А. Н., Чабовская А. П. Анатомия, физиология и гигиена детей дошкольного возраста. М., Просвещение, 1969, 1975.

Маркосян А. А. Вопросы возрастной физиологии. М., Просвещение, 1974.

Наш организм. Сб. М., Знание, 1975.

Основы морфологии и физиологии организма детей и подростков / Под ред. А. А. Маркосяна. М., Медицина, 1969.

Павлов И. П. Естествознание и мозг. Условный рефлекс [и другие статьи].— Двадцатилетний опыт изучения высшей нервной деятельности (поведения) животных. М., Медгиз, 1951.

Физиология высшей нервной деятельности ребенка / Под ред. З. И. Коларовой (Бирюковой). М., Медицина, 1968.

Хринкова А. Г. Анатомия, физиология и гигиена человека. М., Просвещение, 1975.

## А

Авітамінози 247  
 Автономна (вегетативна) нервова система 70, 71, 72, 73  
 Адаптаційно-трофічна функція 73  
 Адаптація 111  
 — колірна 125, 126  
 — рецепторів 111  
 — світлова 125  
 — слуху 134  
 — темнова 125  
 Адекватне подразнення 111  
 Аденін 28  
 Аденогіпофіз 168, 169  
 Аденозинтрифосфатаза 27, 238  
 Аденозинтрифосфорна кислота 27, 238  
 — роль в енергетичних перетвореннях 27, 238  
 Адреналін 171  
 — вплив на серце 209  
 — на судини 209  
 — при емоційному збудженні 171  
 Адренокортикотропний гормон 168, 169, 170  
 Азотиста рівновага 240  
 Азотистий баланс 240  
 Акомодційні м'язи 117  
 Акомодція 116, 117  
 — вікові зміни 118  
 — механізм 117  
 — ока 117  
 Акромегалія 169  
 Акселерація 10, 16, 17, 18, 19, 20  
 — причини 17  
 — психічна 19  
 — фізична 17, 19  
 Аксон 43  
 АКТГ 168, 170  
 Акцептор дії 11  
 Альбуміни 182  
 Альвеоли 212  
 Альдостерон 170  
 Альфа-ритм 91, 92, 93  
 Амінокислоти 239

— замінні 239  
 — незамінні 239  
 Анаболізм 237  
 Аналізатор 109  
 — взаємодія 112, 113  
 — значення 109  
 — зоровий 113  
 — поняття 109  
 — слуховий 127  
 Аналіз подразнень 83, 109, 110  
 Аналітико-синтетична діяльність 83, 84  
 Андрогени 170  
 Андростерон 172  
 Аненцефали 69  
 Антигени 192, 193  
 Антидіуретичний гормон 170  
 Антигіла 192, 193  
 Антитоксин 193  
 Антропометричні показники 9  
 Апарат 6  
 — опорно-руховий 6, 137  
 Апендикс 234  
 Апетитний сік 232  
 Артеріальна протока (боталлова) 200  
 Артеріальний тиск крові 205  
 Асиміляція 6, 236, 237  
 Аскорбінова кислота 248  
 Асоціативні області кори 94  
 Астигматизм 121  
 АТФ 27, 238  
 АТФ-аза 27, 238  
 Аутоантигени 193  
 Аутоантитіла 193  
 Аферентний(на) синтез 10  
 — частина нервової системи 14  
 Ацетилхолін 209

## Б

Базальні ганглії 65  
 Базедова хвороба 167  
 Базофілоцити 187  
 Бактеріолізینی 193  
 Баланс азотистий 240

Барабанна перетинка 130  
Барорецептори 209  
Білки 238  
— амінокислотний склад 239  
— біологічна цінність 239  
— буферні властивості 179, 182  
— всмоктування 236  
— крові 182  
— обмін 238, 240  
— особливості обміну у дітей 240  
— розпад у організмі 240  
— синтез 25  
— фізіологічне значення 239  
Білковий обмін 238  
Бері-бері 247  
Бета-ритм 76, 77  
Білірубін 185  
Бінауральний слух 129  
Бінокулярний зір 122  
Біоелектричні явища 45, 46, 47  
Бластоміри 39  
Бліда куля 65  
Боталлова протока 200  
Бронхи 212  
Бронхіоли 212  
Буферні системи 179

## В

Вагітність 37, 40  
Вдих 213, 214  
— новонародженого 220  
Вестибулярний апарат 135  
— адекватний подразник 136  
Видих 213, 214  
Виділення 252, 253  
Вилочкова залоза 172  
Вища нервова діяльність 73, 74, 75,  
76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85,  
86, 87, 88, 89, 90  
— — дитини 91, 92, 93, 94, 95, 96  
97  
Вік  
— біологічний 20  
— кістковий 20  
— паспортний 20  
Вікова періодизація 20, 21, 22  
Вікові особливості 20  
Вітамін(и) 247  
— А 248  
— В<sub>1</sub> 247  
— В<sub>2</sub> 247  
— В<sub>12</sub> 248  
— С 248  
— РР 247  
— водорозчинні 247  
— жиророзчинні 247  
Внутрішнє середовище 6, 178  
Внутрішній сітчастий апарат (апарат  
Гольджі) 22, 25

Внутрішня секреція 160  
— — задньої частки гіпофіза 168, 169,  
170  
— — кори надниркових залоз 170, ,  
171  
— — надниркових залоз 170  
— — передньої частки гіпофіза 168,  
169  
— — підшлункової залози 171  
— — прищитовидних залоз 168  
— — статевих залоз 172, 173  
— — щитовидної залози 166, 167  
Вода 244, 245  
Водневий показник 182  
Водний баланс 245  
Ворсинки 235  
Всмоктування 235  
— білків 236  
— води 235  
— в товстих кишках 236  
— в тонких кишках 235, 236  
— вуглеводів 236  
— в шлунку 235, 236  
— жирів 236  
— механізм 235  
— мінеральних солей 236  
Вторинна сеча 255  
Вторинні аферентні імпульси 51  
Вуглеводи 242  
— всмоктування 235, 236, 242, 243  
— обмін 242  
— особливості обміну у дітей 244  
Вуглекислий газ  
— — вміст у повітрі 216  
— — — крові 217  
— — зв'язування кров'ю 218  
— — парціальний тиск 217  
— — перенесення 218  
Вузол нервового волокна (перехват  
Ранв'є) 44  
Вухо внутрішнє 130, 131  
— зовнішнє 128, 129  
— середнє 130

## Г

Газообмін у легенях 216  
— — тканинах 217  
Гальмування  
— безумовне 81  
— внутрішнє 82, 83  
— в центральній нервовій системі 54  
— зовнішнє 81  
— індукційне 81  
— позамежне 82  
— постсинаптичне 54  
— пресинаптичне 54  
Гальмуючі нейрони 49  
Гамма-аміномасляна кислота 49  
Гамма-глобулін 182

Ганглії 43  
 — базальні 65  
 — вегетативні 71, 72  
 — внутрішньоорганні 72  
 Гем 185  
 Гемалопія 124  
 Гемоглобін 185, 186  
 — буферні властивості 179  
 Гемоліз 181  
 Гемофілія 183  
 Гени 31  
 Гепарин 183  
 Гетерохронія 10, 11, 12, 14  
 Гігантизм 169  
 Гігієна дітей та підлітків 4  
 — шкільна 4  
 Гімен 38  
 Гіпертонія 206  
 — юнацька 206  
 Гіперфункція щитовидної залози 167  
 Гіпокінезія 158  
 Гіпотонічний розчин 181  
 Гіпофіз 168  
 — взаємозв'язок з підзгір'ям 64  
 — зв'язок з ядрами підзгір'я 64  
 — задня частка 164, 165  
 — передня частка 164, 165  
 — проміжна частка 164, 165  
 Гіпокамп 83  
 Гіпофізарний карлик 168, 169  
 Гіпофункція щитовидної залози 167  
 Гірудин 184  
 Глікоген 243  
 Глобін 185  
 Глобулін 182  
 Глюкоза  
 — вміст у крові 243  
 — всмоктування 236  
 Глюкокортикоїди 170  
 Глобальний мозок 59, 60, 61, 62, 63, 64,  
 65, 66, 67, 68, 69, 70  
 — — ріст і розвиток 67  
 Гомілка 144  
 Гомеостаз 7, 178, 179, 180  
 Гормон(и) 162  
 — адаптивні 164  
 — адренкортикотропний 169, 170  
 — антидіуретичний 170  
 — вплив на ріст і розвиток 166  
 — задньої частки гіпофіза 169  
 — значення 163  
 — і стрес 164  
 — кори надниркових залоз 170  
 — механізм дії 163  
 — передньої частки гіпофіза 168, 169  
 — підшлункової залози 171  
 — прищитовидних залоз 168  
 — росту 168  
 — соматотропний 168  
 — статеві жіночі 173

— — чоловічі 172  
 — тиреотропний 168, 169  
 — фолікулостимулюючий 169  
 — щитовидної залози 166, 167  
 Гортань 211  
 Гострота зору 121  
 Грудина 143  
 Грудна клітка 143  
 Гуанін 28  
 Гуморальна регуляція 164, 165

## Д

Далекозорість 117, 118, 119  
 — стареча 117  
 Дальтонізм 126  
 Дванадцятипала кишка 233  
 Дезоксирибоза 28, 30  
 Дезоксирибонуклеїнова кислота 27,  
 28, 29, 30  
 Дельта-ритм 76  
 Дендрити 43  
 — шипики 44  
 Деполяризація 46  
 — критичний рівень 46  
 Десинхронізація 93  
 Динамічна робота 150  
 Динамічний стереотип 34  
 Диплоїдний набір хромосом 32, 33, 39  
 Дисиміляція 6, 236, 237  
 Диференціювання умовних подразни-  
 ків 83  
 Дихання 210  
 — глибина 214, 215  
 — значення 210  
 — зовнішнє 213, 214  
 — при фізичній роботі 221  
 — регуляція 218  
 — — роль кори великого мозку 218  
 — типи 214  
 — — грудний 214  
 — — діафрагмальний 214  
 — — черевний 214  
 — частота 214  
 Дихальне повітря 215  
 Дихальний центр 218  
 Діабет 243  
 Діастола 202  
 Діафіз 139  
 Діафрагма 213  
 Діоптрія 115  
 ДНК 27, 28, 29, 30, 31, 32  
 Довгастий мозок 60  
 — — функції 60  
 Домінанта 56  
 Друга сигнальна система 85, 86

## Е

Екстерорецептори 50, 110  
 Еластичний натяг легеневої тканини  
 213

Електрогастрографія 225  
Електроенцефалографія 77, 78, 91, 93  
Електрокардіограма 203, 204  
Електрокардіографія 203  
Електрофізіологія 75, 76, 77  
Ембіобласт 39  
Ембріон 39  
Ембріональний розвиток 39, 40  
Емоції 87, 88, 89  
Ендемічний зоб 167  
Ендокринні залози 160, 161  
Ендолімфа 130  
Ендоплазматична сітка 22, 24, 27  
— — гладенька 25  
— — гранулярна 25  
— — шорстка 25  
Енурез 256  
Еритроцити 184, 185, 186, 187  
— швидкість осідання 187  
Естрадіол 173  
Естрогени 170, 173  
Етапи розвитку дитини 91  
— — — період новонародженості 21, 22, 97, 98  
— — — грудний вік 21, 22, 99, 100, 101  
— — — раннє дитинство 21, 102  
— — — перше дитинство 21, 103, 104, 105  
— — — друге дитинство 21, 103, 106  
— — — підлітковий вік 21, 106, 107, 108  
— — — юнацький вік 21, 108  
Ефектор 50  
Еферентна частина нервової системи 14

### Ж

Жири 241  
— всмоктування 236  
— кількість 242  
— особливості обміну у дітей 242  
— розпад 242  
— утворення 241, 242  
Жирні кислоти 241, 242  
Жировий обмін 241, 248  
Життєва місткість легень 215, 216  
Жовта пляма 123, 124  
Жовте тіло 36, 39  
Жовч 234  
Жування 226

### З

Загальний кінцевий шлях 54  
Задній мозок 60  
Задня частка гіпофіза 168, 170  
Замикання тимчасового зв'язку 79

Запальний сік 233  
Запліднення яйцеклітини 38, 39  
Зап'ястя 144  
Зародки 39  
Збудження 55  
— ірадіація 55  
— проведення 47, 52  
— сумація 53  
— трансформація ритму 52  
— швидкість поширення 47  
Збудливі тканини 45  
Збудливість 45  
Звивистий нирковий каналець 253  
Зворотний зв'язок 7, 51  
— аферентація 10, 51  
Згасання 82  
Згір'я 63, 64  
Зигота 33, 39  
Зір біокулярний 122  
— гострота 121  
— периферичний 124  
— центральний 124  
Зовнішнє вухо 128  
Зовнішні статеві органи 37, 38  
Зоровий пурпур 124  
Зсідання крові 182  
Зуби 226, 227, 228, 229  
— кількість 226, 227  
— молочні 227  
— постійні 227  
— строки прорізування 227, 228

### I

Ідентичні точки сітківки 122  
Імплантація 39  
Імпульси вторинні аферентні 51  
Імунітет 192, 193, 194, 195, 196  
— видовий 194  
— набутий 194  
— природжений 194  
— природний 194  
— штучний 194, 195  
Імунні тіла 192, 193, 194  
Індукція  
— негативна 55  
— послідовна 55  
Інсулін 171  
Інтерорецептори 50, 110  
Іонна проникність 46  
Іррадіація 55  
— збудження 55

### Й

Йодопсин 124

### К

Капіляри 207, 217  
— кровообіг 207

Карбоангідраза 218  
Карбонатна система 179  
Карієс 227  
Карлик гіпофізарний 168  
Каротидний синус 209  
Катаболізм 237  
Кисень 216  
— вміст у повітрі 216  
— у крові 217  
— зв'язок з гемоглобіном 185  
— напруження у крові 217  
— парціальний тиск 217  
— перенесення кров'ю 217  
Кишка товста 234  
— всмоктування 235, 236  
— рух 234  
Кишка тонка 234, 235  
— всмоктування 235, 236  
Кишковий сік 233, 234  
Кінцевий мозок 63  
Кістка 137  
— будова 139  
— великогомілкова 144  
— з'єднання 137  
— ріст 140  
— стегова 144  
— форма 137  
— хімічний склад 139, 140  
Кіфоз 142  
Клапан(и)  
— півмісяцеві 197  
— серця 197  
— стулкові 197  
Клітина(и) 22  
— жіночі статеві 32, 35  
— залозисті 22  
— мембрана 24  
— м'язові 22, 24  
— нервові 22, 24  
— органоїди 24  
— поділ 31, 32, 33  
— чоловічі статеві 32, 33, 34  
Кола кровообігу 196, 197  
— — велике 196, 197  
— — мале 196, 197  
Колбочки 123, 124, 125  
Колірна сліпота 126  
Колірний зір 126  
Комплементарність 29  
Координація рефлексорних процесів  
54  
— функцій 54, 55, 56  
Кора великого мозку 66  
— — — аналіз подразнень 83  
— — — архітектоніка 67, 68  
— — — борозни 66, 67  
— — — електричні явища 75  
— — — зв'язок з ретикулярною фор-  
мацією 62  
— — — зорові зони 70

— — — індукція 55  
— — — клітинна структура 67, 68  
— — — моторні зони 70  
— — — сигнальна діяльність 85, 86  
— — — синтез подразнень 83, 84  
Кора надниркових залоз 170  
Короткозорість 119  
Кортиколізація функцій 69  
Косоокість 120  
Кретинізм 167  
Крижі 140  
Кристи 27  
Критичний період 22, 41  
Кров 6, 178, 179, 180, 181  
— активна реакція 182  
— безперервність руху 205  
— буферні властивості 179, 182  
— вміст газів 216, 217  
— — гемоглобіну 185, 186  
— значення 179  
— зсідання 182, 183, 184  
— імунітет 192  
— кальцій у плазмі 183  
— кількість в організмі 180  
— лакова 181  
— лейкоцити 187  
— осмотичний тиск 181  
— перенесення газів 217, 218  
— — вуглекислого газу 218  
— — кисню 217  
плазма 180  
— — білки 182  
— — мінеральний склад 182  
— — осмотичний тиск 181  
— сироватка 182, 183  
— систолічний обсяг 202  
— склад 180  
— тиск артеріальний 205  
— форменні елементи 180  
— хвилинний обсяг 202, 203  
— — — під час роботи 203  
— час кругообороту 207  
— швидкість руху 207  
Кровообіг 196  
— плода 200  
Кров'яне(ні) депо 180  
— пластинки (тромбоцити) 191  
Куприк 140  
Куряча сліпота 124

## Л

Легенева вентиляція 215  
Легені 212, 213  
— газообмін 216  
— еластичний натяг 213  
— життєва місткість 215  
— об'єм при диханні 215  
Лейкоцитарна формула 187  
Лейкоцити 187, 188, 189, 190



— зернисті 187, 188  
— незернисті 187, 188  
Ліzosоми 22, 24  
Лізоцим 229  
Ліктьова кістка 143  
Лімбична система 88  
Лімфа 6, 178  
Лімфоцити 187, 190  
Ліпаза  
— шлункова 232  
Лобок 38  
Лопатка 143  
Лордоз 142

## М

Малогомілкова кістка 144  
Матка 36  
Маткова труба 36, 37, 39  
Матрикс 27  
Медіатори 48  
Мейоз 33  
Мембрана 22, 24  
— клітини, іонна проникність при подразненнях 46, 47  
— натрієва проникність 46, 47  
— постсинаптична 48, 49  
— пресинаптична 48, 49  
— ядерна 24  
Мембранний потенціал 46, 47, 48  
Менопауза 17  
Менструація 17, 37, 39, 176, 177  
Метаболізм 237  
Методи  
— дослідження функцій травного апарату 223, 224, 225  
— слиновиділення 224, 225  
— шлункової секреції 224, 225  
— радіотелеметричні 225  
— фістульні 223  
Мієлінізація 44  
Мієлінова оболонка 44  
Мікрроворсинки 235  
Мікседема 167  
Мінералокортикоїди 170  
Мінеральні солі 236  
— всмоктування 236  
— обмін 245  
Міокард 198  
Міюфібрили 24  
Мітоз 33  
Міхур сечовий 256  
Мозок  
— головний 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70  
— довгастий 60  
— задній 60  
— проміжний 63, 64, 65  
— середній 61  
— спинний 57, 58, 59

Мозолисте тіло 66  
Мозочок 61  
Мошонка 33  
Мускулатура серця атипова 198, 200  
— типова 198  
Муцин 229  
М'яз(и) 146  
— будова 146, 147  
— збудливість 149  
— основні групи 147, 148, 149  
— робота 149, 150  
— скелетні 146  
— форма 147  
— функції 149  
М'язовий тонус 150

## Н

Навички рухові 151, 152, 153, 154, 155, 156  
Надійність біологічної системи 10  
Надніркові залози 170  
— кіркова речовина 170  
— мозкова речовина 170  
Найближча точка ясного бачення 117  
Насос натрій-калієвий 47  
Неадекватні подразники 111  
Негативна індукція 55  
Нейрогіпофіз 168, 169  
Нейрогормони 170  
Нейрон 43  
Нейросекреція 161, 162, 170  
Нейрофібрили 24  
Нейтрофілоцити 187, 188  
Нервова система 6, 7, 14, 42, 43  
— розвиток 56  
Нерв(и) 42, 44, 45  
— аферентні 14, 45  
— відцентрові 14, 45  
— доцентрові 14, 45  
— еферентні 14, 45  
— змішані 45  
Нервовий імпульс 45  
— проведення 47, 48, 49  
Нервові волокна 44  
— мієлінові 44  
— немієлінові 44  
Нервові вузли 43  
Несправжнє годування 232  
Нетримання сечі 256  
Нирки 253  
Ниркова миска 254  
Ниркове тільце 253, 254  
Носоглотка 210  
Нуклеїнові кислоти 27, 28  
— ДНК 27, 28, 29  
— РНК 30, 31  
— інформаційна 30, 31  
— рибосомальна 25  
— транспортна 26

Нуклеопротейди 27  
Нуклеотиди 28, 30

## О

Обмін білків 238  
— води 244, 245  
— вуглеводів 242  
— енергії 6, 236  
— — під час м'язової роботи 250  
— — у дітей 240, 241  
— — вікової особливості 240, 241  
— жирів 241  
— мінеральних солей 244, 246  
— основний 249  
— речовин 6, 236  
Овогонез 36  
Овуляційний період 37  
Овуляція 36, 37  
Око 113  
— адаптація 125, 126  
— акомодация 116, 117  
— аномалії рефракції 119, 120  
— будова 113, 114, 115  
— заломна сила оптичної системи 116  
— райдужна оболонка 114  
— рефракція 118, 119, 120  
— рух 126  
— світлосприймаючий апарат 123, 124, 125, 126  
Оксигемоглобін 185, 217  
Онтогенез 3  
Опорно-руховий апарат 137  
Орган 5  
Органів система 6  
Організм 5, 6  
— і зовнішнє середовище 6  
Органоїди  
— руху 24  
— спеціальні 22  
— універсальні 22  
Орієнтувальна реакція 93  
Осмотична стійкість еритроцитів 181  
Осмотичний тиск 181  
Основний обмін 249  
Отоліти 135

## П

Палички 123, 124, 125  
Пам'ять довгочасна 80  
— короткочасна 80  
— фізіологічний механізм 80  
Парасимпатична нервова система 72, 73  
Паратгормон 168  
Парціальний тиск 217  
— вуглекислого газу 217  
— кисню 217  
Пепсин 231

Первинна сеча 255  
Переамінування 238  
Передача збудження в синапсах 48, 49, 52  
Переддвер'я 128  
Передміхурова залоза 35  
Передні корінці 58  
Передній мозок 63  
Передпліччя 143  
Передпубертатний період 13  
Передсердно-шлуночковий пучок (пучок Гісса) 198  
Перехідний період 173, 174, 175, 176, 177, 178  
Перилімфа 130  
Перша сигнальна система 85  
Перший вдих новонародженого 220  
Півколові канали 131  
Півкулі великого мозку 66, 67  
Підзгірно-гіпофізарна система 161  
Підзгір'я 64  
— взаємозв'язок з гіпофізом 64  
— ядра 64, 65  
Підліток 106  
Піднебіння 210  
— м'яке 210  
— тверде 210  
Підшлункова залоза 160, 171  
— — внутрішня секреція 160, 171  
— — зовнішня секреція 160  
— — гормони 171  
Післядія 53  
Піхва 37  
Плацента 40  
Плацентация 40  
Плевра 212  
Плевральна порожнина 212  
Плечова кістка 143  
Пліва дівоча 38  
Плід 39, 40  
Плоскостопість 145  
Плоць крайня 35  
Повітря  
— альвеолярне 216, 217  
— атмосферне 216  
— видихуване 216, 217  
— дихальне 215  
— склад 216  
Поділ клітин 31, 32  
Подразливість 45  
Подразники 45  
— адекватні 111  
— неадекватні 111  
Полюція 174, 178  
Поріг подразнення 45  
Послід 40  
Послідовні образи 125  
Постава 156, 157  
Постгангліонарні волокна 71  
Потенціал

- гальмівний постсинаптичний 49
- збудливий постсинаптичний 49
- дії 46, 49
- мембранний 47, 48, 49
- постсинаптичний 53
- спокою 46
- Прегангліонарні волокна 71
- Пресорецептори 209
- Преципітини 193
- Пристінкове травлення 235
- Прищитовидні залози 168
- Провідна система серця 198
- передсердно-шлуночковий вузол 198
- передсердно-шлуночковий пучок 198
- синусо-передсердний вузол 198
- Прогестерон 36, 173
- Променева кістка 143
- Проміжний мозок 63, 64, 65
- Пропорції тіла 12, 13
- Пропіорецептори 50, 110
- Проторення 53
- Протромбін 183
- Птіалін 229
- Пубертатний період 13, 106
- Пупковий канатик 40

## Р

- Радіопілуля 225
- Радіотелеметрія 225
- Райдужна оболонка ока 114
- Реакція утягнення 63
- Регуляція
  - гуморальна 7, 42
  - діяльності серця і судин 207, 208, 209
  - нервова 7, 42
  - нервово-гуморальна 7, 43
  - слиновиділення 229, 230
  - функцій 7, 42
- Редуплікація 29
- Резистентність 181
- Резонансна теорія слуху 133
- Реполаризація 47
- Ретикулярна формація 62
  - активуюча функція 62
  - зв'язок з підгір'ям 64
- Ретинен 124
- Рефлекс(и) 49
  - Бабинського 98
  - безумовні 77
  - колінний 49
  - орієнтувальні 98
  - підшовний 49
  - положення тіла 98
  - сисний 50
  - спинного мозку 61, 62
  - умовні 74, 77

- — біологічне значення 80
- — внутрішнє гальмування 82, 83
- — диференціювання 83
- — другого порядку 78
- — запізнювання 82
- — згасання 82
- — зовнішнє гальмування 81
- — методика вивчення 74, 75, 77
- — механізм утворення 78
- — на якийсь час 99
- — першого порядку 78
- — правила утворення 78
- — слиновидільні 229, 230
- — умови утворення 78
- Рефлексогенні зони 209
- Рецептори 50, 109—112
  - класифікація 50, 110
- Рефлекторна дуга 50, 51
- Рефлекторне кільце 51
- Рефлекторний ланцюг 51
- Рибоза 30
- Рибонуклеїнова кислота 27, 30, 31
- Рибосоми 22, 25, 30, 31
- Ритми електроенцефалограми 75, 77
- Рідина тканинна 6, 178, 179
- Ріст 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17
- РНК 25, 27, 30, 31
- Родопсин 124
- Розвиток 9, 10, 15, 16
- Розчин гіпотонічний 181
  - ізотонічний 181
  - фізіологічний 181
- Рухи
  - людини 152, 154, 155
  - очей 122
  - розвитку 151, 152, 153, 154, 155, 156
  - тонких кишок 234
  - у дітей 151, 152, 153, 154, 155, 156

## С

- Саморегуляція функцій 7
- Світлова адаптація 112
- Світлочутливі пігменти 124
- Секреція шлункових залоз 231, 232
  - кишкових залоз 234
  - підшлункової залози 233, 234
  - слинних залоз 229, 230
- Секулярний тренд 16
- Середнє вухо 130, 131
- Середній мозок 61
- Серотонін 191
- Серце 197, 198
  - будова 197, 198
  - вплив блукаючих нервів 207
  - симпатичних нервів 207
  - клапаний апарат 207
  - провідна система 198
  - цикл роботи 202

Сеча 255—257  
— випускання 256  
— вторинна 255  
— кількість 255, 256  
— первинна 255  
— склад 255, 256  
Сечовий міхур 256  
Сечовина 255  
Сеченова дослід 54  
Сигнальна діяльність кори великого мозку 81  
Симпатична нервова система 71  
— адаптаційно-трофічна функція 73  
Синапси 47  
— гальмуючі 49  
— збудливі 49  
— односторонність проведення 52  
Синаптична затримка 48  
— бляшка 48  
— щільна 48  
Сироватка крові 182  
Системогенез 10, 11  
Систола  
— передсердь 202  
— шлуночків 202  
Систолічний обсяг крові 202  
Сік апетитний 232  
— підшлункової залози 233  
— шлунковий 230  
Сім'яні каналці 34  
Сім'явиносна протока 33, 34  
Сірий бугор 64, 65  
Сітківка 123, 124, 125, 126  
Скелет  
— кінцівок 143, 144, 145  
— тулуба 140, 141, 142  
Скелетні м'язи 147, 148  
Сколіоз 142  
Скоротність 149  
Слинні залози 225  
— — механізм секреції 229  
Слиновиділення  
— методика дослідження 223  
— регуляція 229  
Сліпа кишка 234  
Слухова труба 130  
Смугасте тіло 65  
Сновидіння 90, 91  
Сон 89, 90, 91  
Соромітні губи 37  
Спадковий апарат клітини 30  
Спадковість 22, 27  
Спадковість і середовище 41, 42  
Сперма 35  
Сперматогенез 34, 172  
Сперматозоон 33, 34, 35, 38  
Спинний мозок 57  
— — провідні шляхи 58  
— — сегменти 58  
— — функції 59

Спинномозкові корінці 57, 58  
Спіральний орган (орган Корті) 131  
Стареча далекозорість 117  
Статева щільна 38  
Статеве дозрівання 11, 12, 17, 173, 174, 175, 176, 177, 178  
Статевий цикл 37  
Статеві гормони 33, 37  
— губи 38  
— залози 33, 35, 160, 172  
— — внутрішня секреція 33, 36, 172, 173  
— клітини 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 42  
Статичне напруження м'язів 149  
Стопа  
— склепіння 144  
— — поперечне 144  
— — поздовжнє 144  
Стравохід 230  
Стрес 164  
Суглоб 137  
Судинозвужувальні нерви 208, 209  
Судиноруховий центр 208  
Сумація збудження 53

## Т

Темнова адаптація 125  
Тестостерон 33, 172  
Тетанус 149  
Тета-ритм 76, 91  
Тимчасовий зв'язок 79  
— — механізм утворення 79, 80  
Типи вищої нервової діяльності 86, 87  
— дитини 97, 98  
— класифікація 86, 87  
— основні показники 86  
— пластичність 87, 96, 97  
Тироксин 166, 167  
Тиск крові 205  
— — діастолічний 205  
— — максимальний 205  
— — мінімальний 205  
— — пульсовий 205  
— — систолічний 205  
Тім'ячка 146  
Тканина 5  
— м'язова 5  
— нервова 5  
Тканинна рідина 6  
Тонка кишка 233, 234  
— — секреція 234  
— — травлення 233, 234  
Тонус м'язів 150  
Травлення 222, 225  
— в дванадцятипалій кишці 233, 234  
— в ротовій порожнині 226, 227, 228, 229  
— в товстих кишках 234

— в тонких кишках 234  
— значення 222  
— методи вивчення 223, 224, 225  
— пристінкове 235  
— у шлунку 230, 231  
Транскрипція 31  
Трансметилування 238  
Трансформація ритму збудження 52  
Трахея 212  
Триплет 31  
Тромб 182  
Тромбін 183  
Тромбоцити 183, 191  
Трофічна функція 71  
Трофобласт 39

## у

Увага 93  
— довільна 94, 95  
— мимовільна 93, 94  
Ударний обсяг крові 202  
Умовні рефлекси (*див.*: Рефлекси умовні)  
Урацил 30

## ф

Фагоцитоз 190  
Ферменти 223  
— кишкового соку 233  
— при обміні речовин 237, 238  
— слини 229  
— соку підшлункової залози 234  
— шлункового соку 230, 231, 232  
Фібрин 182  
Фібриноген 182  
Фібринолізин 183  
Фізіологічний розчин 181  
Фізіологія  
— вікова 3, 4  
— еволюційна 3  
— загальна 3  
— зв'язок з іншими науками 3  
Філогенез 3  
Фістула 223  
Фістульна методика 223, 224  
Фолікули 36  
Формоутворення 9  
Фосфорилування 238  
Фоторецептори 123  
Функціональна система 10, 11

## х

Харчування 250  
— дітей 251, 252  
— норми 251

— режим 252  
Хвилинний об'єм крові 202  
— — — при виконанні роботи 203  
— — — дихання 215  
Хвостате ядро 65  
Хімозин 231  
Хоани 210  
Хоріон 39  
— гіллястий 39  
— гладенький 39  
Хребетний стовп 140  
— вигини 142  
Хромосоми 24, 30, 31, 32  
— аутосоми 32  
— гаплоїдний набір 32, 36  
— гомологічні 32  
— диплоїдний набір 32, 33, 39  
— статеві 32  
Хромафіні клітини 171

## ц

Центральна нервова система 7  
— — — гальмування 54  
— — — однобічне проведення збудження 52  
— — — сумація збудження 53  
— — — трансформація ритму 52  
— — — уповільнене проведення збудження 52  
Цитозин 28  
Цитоплазма 22

## ч

Череп 145  
— лицьовий 145  
— мозковий 145  
Черепні нерви 60  
Четвертий шлуночок 60  
Чотиригорбкове тіло 60

## ш

Шлунок 230, 231  
— всмоктування 235  
— моторна діяльність 231  
— травлення 230, 231  
Шлуночки мозку 60, 61, 66  
Шлуночки серця 197  
Швидкість осідання еритроцитів 186

## щ

Щитовидна залоза 160, 166  
— — гормони 167  
Щитовидний хрящ 211

**Я**

Ядерні мембрани 24  
Ядерця 24  
Ядро (а)  
— клітини 24

— оболонка 24  
— сік 24  
Ячко 33, 34, 35  
Ячник 35, 36, 37  
Яйцеклітина 9, 33, 35, 36, 39

Вступ . . . . .	3
Розділ I. Загальні закономірності росту і розвитку дітей і підлітків . . . . .	9
Розділ II. Спадковість і розвиток . . . . .	22
Розділ III. Фізіологія нервової системи . . . . .	42
Розділ IV. Вища нервова діяльність . . . . .	73
Розділ V. Фізіологія аналізаторів . . . . .	109
Розділ VI. Фізіологія опорно-рухового апарата . . . . .	137
Розділ VII. Залози внутрішньої секреції . . . . .	160
Розділ VIII. Вікові особливості крові і кровообігу . . . . .	178
Розділ IX. Вікові особливості дихання . . . . .	210
Розділ X. Вікові особливості травлення . . . . .	222
Розділ XI. Вікові особливості обміну речовин і енергії харчування . . . . .	236
Розділ XII. Вікові особливості виділення . . . . .	252
<i>Список літератури</i> . . . . .	258
<i>Предметний покажчик</i> . . . . .	259