Лекція №8. Гомеостаз і регуляція функцій в організмі. Механізм імунного захисту організму.

1. Організм людини як єдине ціле. Єдність організму і навколишнього середовища.
2. Гомеостаз, шляхи його забезпечення.
3. Реактивність організму та адаптаційні механізми.
4. Загальні відомості про нервову, гуморальну та імунну регуляції діяльності організму людини.
5. Імунітет, його види.
6. Механізми формування імунітету.

1. Організм людини як єдине ціле. Єдність організму і навколишнього середовища.

Постійні анатомічний і функціональний взаємозв'язки і "співпраця" різних клітин, тканин, органів і систем органів створюють надзвичайно складну, унікальну систему — *організм людини* (від лат. *organizo* – влаштовую), регулюють життєві функції організму людини у цілому, а також окремих його органів та систем, узгоджують їхню діяльність, підтримують сталість внутрішнього середовища нервова, імунна системи, а також система залоз внутрішньої секреції (ендокринна). Ці системи тісно взаємопов'язані між собою і впливають на діяльність одна одної.

Організм має органо-системний, тканинний, клітинний, субклітинний і молекулярний рівні організації життєвих процесів. Між будовою і функцією існує взаємний зв’язок. Його можна простежити на різних структурних рівнях організму, починаючи від органів і систем і закінчуючи найдрібнішими компонентами клітини, які забезпечують елементарні процеси, наприклад синтез макромолекул. Між системами та органами підтримується зв’язок, необхідний для регулювання їхньої діяльності відповідно до потреб всього організму. Зв’язок цей може здійснюватися двома способами: за допомогою нервових клітин, з’єднаних відростками, по яких передаються регулювальні імпульси та за допомогою рідин, які переносять по судинах тіла різні фізіологічні речовини (гуморальна регуляція функцій). Нервова регуляція функцій здійснюється відносно швидко за допомогою рефлекторних реакцій, гуморальна відбувається повільніше, відповідно до швидкості руху крові, або лімфи. Обидва види регуляції функцій взаємодоповнюються, утворюючи єдиний регулювальний механізм – нервово-гуморальну, або нейрогуморальну регуляцію функцій (наприклад, емоціональне збудження рефлекторно посилює виділення адреналіну, який переноситься кров’ю з наднирників до серця, посилюючи його діяльність).

Нейрогуморальна регуляція функцій базується на принципі прямого і зворотного зв’язку між регулятором і системою, що регулюється. Наприклад, дихальний центр регулює інтенсивність легеневої вентиляції і вміст вуглекислого газу в крові (прямий зв’язок), а зменшення вуглекислого газу в крові впливає на гальмування діяльності дихального центра (зворотній зв’язок), що веде до відновлення попереднього вмісту

вуглекислого газу в крові. Так відбувається саморегуляція дихання. Подібним способом підтримується відносна постійність температури тіла, осмотичного тиску рідин, кислотно-лужна рівновага та інші, так звані, фізіологічні константи організму.

Організм виступає, як єдине ціле; діяльність всіх систем об'єднується у вигляді цілісних реакцій, направлених на забезпечення потреб організму. В основі всіх процесів життєдіяльності організму лежить нейрогуморальна регуляція функцій, яка забезпечує динамічну рівновагу або саморегулювання організму як системи. Слід також відзначити, що організм підтримує постійний зв'язок із зовнішнім середовищем, який здійснюється через обмін речовин, енергії та інформації. Як цілісна саморегулююча система, організм повинен врівноважувати свої взаємовідносини з умовами зовнішнього середовища, пристосовуючись до них в інтересах самозбереження, однак через постійну мінливість умов середовища повного взаєморозуміння звичайно не буває.

2. **Гомеостаз, шляхи його забезпечення.**

Усе життя людини проходить у безперервному зв'язку із зовнішнім середовищем, тому здоров'я людини не можна розглядати як щось незалежне, автономне. Воно є результатом дії природних, антропогенних та соціальних факторів і віддзеркалює динамічну рівновагу між організмом і середовищем його існування.

Будь-якому організмові потрібні певні умови існування, до яких у нього виробляється пристосування в процесі розвитку. Середовищем існування для клітин організму є внутрішнє середовище (кров, лімфа, тканинна рідина). 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 організму називають *гомеостазом* (від грец. *homoios* – однаковий, *statis* – стан).

Забезпечують гомеостаз переважно дві системи – нервова та ендокринна, які разом складають нейрогуморальну систему регуляції функцій організму. Під терміном "гомеостаз" розуміють фізіологічні механізми, які забезпечують стійкість живих істот. Ця особлива стійкість не характеризується стабільністю процесів – вони постійно змінюються, але в умовах "норми" коливання фізіологічних показників обмежені порівняно вузькими межами. Явища гомеостазу представляють собою еволюційно виниклі спадково-закріплені адаптаційні властивості організму до звичайних умов оточуючого середовища.

Ці умови можуть бути короткочасними, або тривалими. В таких випадках явище адаптації характеризується не тільки відновленням звичайних властивостей внутрішнього середовища, але короткочасними змінами функціональної активності (наприклад, пришвидшення ритму серцевої діяльності і збільшення частоти дихальних рухів під час посиленої м'язевої діяльності). При тривалих або повторних діях можуть виникнути більш стійкі і структурні зміни, наприклад, у вигляді гіпертрофії міокарда і т.д. При порушенні яких-небудь органів відбувається включення механізмів компенсації. Біологічна характеристика гомеостазу визначається не тільки

адаптаційними процесами, але і їхньою значимістю. Реакції, які забезпечують гомеостаз, можуть бути направлені на підтримку відомого рівня стаціонарного стану, на координацію комплексних процесів для усунення або обмеження дії шкідливих чинників, на вироблення і збереження оптимальних форм взаємодії організму і середовища в змінених умовах його існування. Всі ці процеси і є адаптацією. Всі види адаптації створюються на основі механізмів гомеостазу. Отже, поняття гомеостазу означає тільки відому постійність різних фізіологічних констант організму. Воно теж включає процеси адаптації та координації фізіологічних процесів, забезпечує єдність організму не тільки в нормі, але і при змінах умов його існування.

Сталість багатьох властивостей організму забезпечується *саморегуляцією*. Саморегуляція – універсальна властивість організму, яка включається тоді, коли виникає відхилення від певного постійного рівня будь-якого життєво важливого фактора зовнішнього чи внутрішнього середовища. Наприклад, рівень глюкози в крові може зменшуватися через недостатнє надходження її з їжею або внаслідок витрат при інтенсивній роботі. Зниження кількості глюкози в крові, незалежно від того, зовнішньою чи внутрішньою причиною воно викликане, запускає фізіологічні механізми, що підвищують її рівень. Таким чином, зміни стану системи спричиняють реакції, які відновлюють норму. Відхилення регульованого параметра в інший бік – збільшення кількості глюкози – призводить до включення знижуючих її рівень механізмів. Звичайно, саморегуляція можлива лише за певних зовнішніх умов. Так, при недостатньому надходженні їжі в організмі розщеплюються запасні поживні речовини, наприклад, глікоген. Якщо ж усі внутрішні джерела глюкози будуть вичерпані, а їжа ззовні не надходитиме, організм може загинути.

3. Реактивність організму та адаптаційні механізми.

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 для організму умови існування.

Людина при взаємодії з навколишнім середовищем реагує індивідуально за допомогою фізіологічних реакцій. У силу загальних соматичних властивостей фізіологічного пристосування організм може адаптуватися або виробити імунітет до найрізноманітніших зовнішніх факторів. Усі люди здатні проявляти необхідну пластичність реакцій у відповідь на зміни зовнішніх умов. Адаптація допомагає підтримувати стійким внутрішнє середовище організму, коли параметри деяких факторів навколишнього середовища виходять за межі оптимальних.

Адаптація залежить від сили дії факторів навколишнього середовища та індивідуальної реактивності організму. Критерієм ступеня адаптації є збереження гомеостазу незалежно від тривалості дії фактора, до якого сформувалася адаптація. В умовах захворювання наступає компенсація, під якою треба розуміти боротьбу організму за гомеостаз, коли включаються додаткові захисні механізми, які протидіють виникненню і прогресуванню патологічного процесу. Якщо надходить

сигнали про велику небезпеку і включених механізмів не вистачає, виникає картина стресових захворювань, характерних для нашої цивілізації.

Індивідуальне пристосування до нових умов існування відбувається за рахунок зміни обміну речовин (метаболізму), збереження сталості внутрішнього середовища організму (гомеостазу); імунітету, тобто несприйнятливість організму до інфекційних та неінфекційних агентів і речовин, які потрапляють в організм ззовні чи утворюються в організмі під впливом тих чи інших чинників; регенерації, тобто відновлення структури ушкоджених органів чи тканин організму (загоювання ран і т. ін.); адаптивних безумовних та умовно-рефлекторних реакцій (адаптивна поведінка).

В організмі людини утворюється динамічний стереотип зі збереженням гомеостазу здорової людини, який виробився у процесі еволюційного розвитку в умовах навколишнього середовища. Здоров'я людини, забезпечення її гомеостазу може зберігатися і при деяких змінах параметрів, факторів навколишнього середовища. Такий вплив викликає в організмі людини відповідні біологічні зміни, але завдяки процесам адаптації (пристосування) у здорової людини фактори навколишнього середовища до певних меж дозволяють зберігати здоров'я.

До того часу, доки організм спроможний за допомогою адаптаційних механізмів та реакцій забезпечити стабільність внутрішнього середовища при зміні зовнішнього середовища, він знаходиться у стані, який можна оцінити як здоров'я. Якщо ж організм потрапляє в умови, коли інтенсивність впливу факторів зовнішнього середовища переважає можливості його адаптації, наступає стан, протилежний здоров'ю, тобто хвороба, патологія.

Однак початок захворювання рідко проявляється зразу зовнішньо за зміною показників фізичного розвитку, частіше його можна помітити за змінами реактивності і резистентності дитячого організму.

Реактивність – здатність організму відповідати на впливи адекватними реакціями. Характер відповіді організму визначається особливостями його функціональних процесів.

Тому на один і той же вплив організм може відповідати протилежними реакціями. Ця властивість була помічена ще в кінці XVIII ст. німецьким природодослідником А. Гумбольдтом, який писав: "Дія всякого агента буде пригнічувальною або збуджувальною залежно від того, в якому стані перебуває той орган на який він діє"

Резистентність – стійкість організму до дії шкідливих факторів зовнішнього середовища. Резистентність забезпечується спеціальними захисними біологічними механізмами, які виробилися в процесі еволюції людини. Вони характеризуються стійкістю дитини до дії інфекційних факторів (мікроби, віруси), переохолодження, факторів, що травмують психіку і т. д.

Реактивність і резистентність дитини являються біологічними властивостями, але їхнє формування залежить не тільки від спадковості. Остаточне "шліфування" цих особливостей організму здійснює середовище.

Адаптація – в широкому розумінні цього слова властивість організму пристосовуватись до дії факторів зовнішнього середовища.

Поняття фізіологічної адаптації було вперше сформульовано відомим американським фізіологом У. Кенноном як сукупність функціональних реакцій організму на несприятливі впливи зовнішнього середовища, спрямованих на збереження властивого для організму рівня гомеостазу.

В наш час під адаптацією розуміють формування пристосувальних реакцій організму не тільки у разі дії несприятливих чи екстремальних (стресорних) факторів середовища, але і у разі дії звичайних (неекстремальних) факторів. В зв'язку з цим особливе значення в останні роки набула проблема адаптації дітей і підлітків до навчального і виховного процесів в дошкільних і шкільних закладах.

Біологічні механізми адаптації на сьогодні вивчені не достатньо. Показано, що будь-які пристосувальні реакції в організмі здійснюються під контролем центральної нервової системи завдяки формуванню спеціальних функціональних систем адаптації, які включають коркові і підкоркові відділи мозку та ендокринні залози. Особливе значення у формуванні захисних реакцій організму в умовах екстремальних впливів (стресу) відводиться гіпофізу і наднирникам, які синтезують так звані адаптивні гормони. Діяльність ендокринних залоз здійснюється під контролем підкоркового відділу головного мозку – гіпоталамуса і гіпофіза, які утворюють єдину функціональну систему.

Адаптація людини до умов середовища, являючись загально біологічною властивістю всього живого, поряд з тим характеризується якісною особливістю – їй притаманний яскраво виражений соціальний характер.

4. Загальні відомості про нервову, гуморальну та імунну регуляції діяльності організму людини.

Організм може існувати тільки за узгодженої діяльності його окремих частин. Діяльність організму забезпечується різними функціональними системами, які утворюються на основі інтегративних нейрогуморальних механізмів регуляції та реалізують взаємозв'язок органів, тканин і фізіологічних систем.

У процесі життєдіяльності в організмі одночасно відбуваються фізіологічні процеси, які забезпечують виконання життєво важливих функцій, та пристосування до мінливих умов середовища. Всі ці процеси чітко координуються між собою. Така досконала координація функцій забезпечується тим, що живий організм є системою, яка саморегулюється.

Саморегулювальна система має власні автоматичні механізми керування функціями, що ґрунтуються на принципі зворотного зв'язку. Наприклад, підвищення артеріального тиску внаслідок фізичної роботи чи емоції спричинює збудження спеціальних рецепторів у судинах, нервові імпульси спрямовуються в центральну нервову систему, гальмуючи судинорухoвий центр. Гальмування центру спричинює розширення кровоносних судин і послаблення серцевих скорочень, що й сприяє нормалізації кров'яного тиску.

Сталість внутрішнього середовища організму забезпечується саморегуляцією хімічного складу та фізико-хімічних властивостей крові, лімфи й тканинної рідини. В

органах, яким властивий автоматизм (серце, шлунок, кишки), відбувається локальна саморегуляція.

Гуморальний механізм регуляції функцій найдавніший в еволюційному плані. Він працює за рахунок хімічних речовин, які переносяться кров'ю, лімфою, тканинною рідиною. Хімічними регуляторами (точніше, збудниками) можуть бути й речовини, що потрапляють в організм разом із продуктами харчування, під час дихання, крізь шкіру; продукти обміну речовин (вуглекислий газ, медіатори, гормони). Ці речовини безпосередньо чи опосередковано діють на відповідний орган (систему) і відновлюють гомеостаз.

Нервовий механізм регуляції еволюційно молодший і відрізняється від гуморального тим, що його сигнали поширюються нервовими шляхами з досить великою швидкістю — від 0,5 до 120 м/с до конкретних органів і частин організму. Нервово-гуморальні механізми регуляції працюють за принципом саморегуляції, основою якого є негативний зворотний зв'язок.

Імунна регуляція. Імунні реакції є дуже важливими в життєдіяльності організму. Це потужні гомеостатичні механізми, які забезпечують сталість внутрішнього середовища у разі порушення його речовинами антигенної природи. За звичайних умов існування цей механізм безумовно корисний, проте в деяких випадках діяльність його буває неадекватною і, звичайно, об'єктивно шкідливою.

Імунна система людини за організацією та механізмами функціонування подібна до нервової. Обидві системи представлені центральними й периферичними органами, здатними реагувати на різні сигнали, мають велику кількість рецепторних структур, специфічну пам'ять. Подібність доповнюється генетичним детермінуванням функцій, а також наявністю спільного антигену.

Імунна система виникла з появою багатоклітинних організмів і розвивалась як фактор сприяння їх виживанню. Багато імунологічних механізмів виникали не як імунологічні, а в ході еволюції перейшли до такої функції. Наприклад, фагоцитоз — головний механізм неспецифічного імунітету хребетних — виконує функцію живлення в одноклітинних.

Факторами, які сприяли еволюції імунітету, можна вважати: взаємодію хазяїн — паразит при інвазіях, зв'язок материнського організму й плоду при вагітності в живородних, ріст злоякісних пухлин у вищих тварин.

У підтриманні імунітету людини (як і ссавців) беруть участь неспецифічні та специфічні захисні (регуляторні) механізми. До *неспецифічних* належать: бар'єрна функція шкіри і слизових оболонок, бактерицидна дія молочної кислоти й жирних кислот (продукт виділень потових і сальних залоз), фермент лізоцим, що міститься в сльозах, тощо.

Мікроорганізми, які потрапили у внутрішнє середовище організму, видаляються реакцією запалення, яка супроводжується посиленням фагоцитозу, антивірусною дією інтерферону тощо.

Специфічний імунітет формується і підтримується імунною системою організму, яка розпізнає, перетворює і видаляє чужорідні білки й клітини, мертві й ракові клітини

власного організму. Еволюція імунних механізмів у хребетних сприяла підвищенню їх специфічності та поєднанню в єдину систему, яка включає червоний кістковий мозок, тимус, селезінку, лімфатичні вузли, а також скупчення лімфоїдної тканини у травному каналі й дихальному апараті. Центральне місце серед клітин імунної системи посідають *лімфоцити.*

Антигенами є: бактерії, гриби, найпростіші, мікоплазми, рикетсії, віруси, клітини й тканини, які потрапляють в організм унаслідок інфекції, ін'єкції або трансплантації, а також клітинні стінки, цитоплазматичні мембрани, рибосоми, мітохондрії, мікробні токсини, екстракти гельмінтів, отрути багатьох змій і бджіл, природні білкові речовини, деякі поліцукри мікробного походження, рослинні токсини тощо. Кількість антигенів у природі збільшується внаслідок того, що багато неантигенних субстанцій стають антигенами при сполученні з іншими речовинами.

Отже, антигени — це речовини, які мають ознаки генетично чужорідної інформації і які, потрапляючи в організм, викликають імунологічні реакції. *Імунітет* — спосіб захисту організму від речовин та істот з генетично чужорідною інформацією. *Механізм захисту* полягає в тому, що імунна система організму толерантна до власних структур, а екзогенні речовини, або змінені внаслідок генетичних помилок власні клітини, є для неї (імунної системи) генетично чужорідними й підлягають руйнуванню або видаленню. Таким чином, першою умовою антигенності речовини є *генетична чужорідність.*

При контакті з антигенами імунна система здатна забезпечувати різні форми імунної відповіді:

- гуморальний імунітет — утворення специфічних антитіл крові;
- клітинний імунітет — зростання кількості Т-лімфоцитів, здатних до вибіркового реагування з антигеном;
- утворення довгоживучих Т- і В-лімфоцитів «імунологічної пам'яті», які за повторної зустрічі з антигеном здатні до швидкої відповіді;
- формування імунологічної толерантності, яка виявляється у вибірковій відсутності відповіді на певний антиген при повторній зустрічі;
- виникнення алергії (підвищеної чутливості до специфічного антигену).

Імунна система є своєрідним «відділом контролю», стежить, щоб в організмі зберігалися лише макромолекули й клітини, які відповідають заданій генетичній програмі.

Антигенні відмінності існують між видами й між окремими особинами всередині виду, в тому числі між батьками і потомками.

Імунологічна пам'ять — це здатність лімфоїдних клітин зберігати інформацію про антиген і відповідати посиленою і прискореною реакцією на повторну зустріч з гомологічним антигеном. Механізм створення імунної пам'яті ґрунтується на здатності ан-тигена стимулювати проліферацію клітини, яка зв'язала антиген, внаслідок чого кількість клітин, здатних реагувати на певний антиген, у лімфоїдній тканині збільшується. *Попередня імунізація* — один із головних факторів посилення і

прискорення імунної відповіді, бо спричинює збільшення кількості стимульованих цим антигеном клітин.

Імунна пам'ять у людини може зберігатися впродовж життя лімфоцитів імунної пам'яті до 10 років, а іноді впродовж усього життя.

Для імунної системи організму людини характерні високий ступінь автономності в розпізнаванні й елімінації генетично чужорідних клітин та субстанцій. Разом з тим вона перебуває під складним впливом нервових й ендокринних впливів, що забезпечує гармонійне функціонування всього організму.

5. Імунітет, його види.

Імунітет — це прояв спрямованих на збереження сталості внутрішнього середовища захисних реакцій організму проти генетично чужорідних речовин — *антигенів.* Якщо антигенами є мікроорганізми або токсини, розвивається інфекційний, або антитоксичний, імунітет; при пересаджуванні чужорідних клітин тканин і органів — трансплантаційний; у відповідь на виникнення пухлин — протипухлинний тощо. Розрізняють такі форми імунітету: природний (природжений і набутий) та штучний (активний і пасивний):

Природний імунітет — це несприйнятливість до інфекційних захворювань, яка передалась у спадок дитині від матері *(природжений)* або виникла після перенесення хвороби *(набутий)*.

Нині розроблено методи створення *штучного імунітету. Активний штучний імунітет* виробляється при введенні в організм ослаблених або вбитих збудників інфекції, які спричиняють легку форму хвороби, під час якої в організмі утворюються специфічні антитіла і людина стає несприйнятливою упродовж тривалого часу до того захворювання, проти якого було зроблено щеплення. Такі щеплення роблять проти поліомієліту, туляремії, коклюшу та інших хвороб.

Профілактичне щеплення відіграє важливу роль у боротьбі з інфекційними хворобами.

Пасивний імунітет виробляється під впливом введених в організм лікувальних сироваток, що містять готові антитіла проти збудників хвороб, і зберігається упродовж кількох місяців. Лікувальні сироватки виготовляють із крові тварин (частіше коней), яким поступово вводять дедалі більші дози інфекційного матеріалу. В крові цих тварин накопичуються антитіла. Періодично у них беруть кров, з якої готують лікувальну сироватку.

Початок вивчення захисної функції крові поклав І. І. Мечников своїм ученням про фагоцитоз. У 1883 р. він дійшов висновку, що неприйнятність організмом деяких інфекційних захворювань (імунітет) забезпечується фагоцитарною активністю лейкоцитів. Тоді ж було виявлено антимікробні властивості плазми крові, що дало початок гуморальній теорії імунітету (П. Ерліх). За дослідження фагоцитозу І. І. Мечникову в 1908 р. була присуджена Нобелівська премія. Пізніше було встановлено, що захисні властивості крові зумовлені не тільки фагоцитарною функцією лейкоцитів, а й здатністю деяких видів їх утворювати антитіла у відповідь на проникнення в

організм збудників захворювання. Отже, за своєю природою імунітет може бути *клітинним* (фагоцитоз) і *гуморальним* (антитіла). Сучасна імунологія визнає рівноправне існування обох механізмів імунітету. Кожен з них може бути як специфічним, так і неспецифічним.

Явище імунітету відоме давно. Наприкінці XVIII ст. англійський лікар Е. Дженнер виявив, що жінки, які контактували з коровами, хворими на коров'ячу віспу, ніколи не хворіли на натуральну віспу. Коли він втирав краплину рідини, взяту з пухирця віспи на вим'ї корови, в подряпину на шкірі, людина хворіла на легку форму віспи. В неї утворювалася лише одна віспина на місці втирання, а потім нона ніколи не хворіла на віспу. Так було покладено початок проведенню щеплення проти віспи.

Неспецифічний імунітет властивий тваринам усіх рівнів розвитку і поділяється на спадковий та фагоцитарний. В основі *спадкового* імунітету лежать загальнобіологічні явища спадковості, мінливості та природного добору. Факторами спадкового імунітету, що розвинулись у процесі еволюції, є різні антимікробні та антивірусні агенти. Таким є *лізоцим* (мурамідаза) — білок, що має високу протеолітичну активність, руйнує бактеріальні мембрани. Він є в білку курячого яйця, у слині, сльозах, кишковому соку, в скелетних м'язах, мозку, інших органах, у гранулах нейтрофілів. Крім бактеріолітичної дії лізоцим стимулює синтез антитіл. *Комплемент* являє собою термочутливий (інактивується при нагріванні) комплекс із більш як 20 білків, здатних до самоорганізації в систему. Більшість білків цієї системи містяться у плазмі крові в неактивному стані у формі проферментів, які активуються в певній послідовності за контакту з бактеріями й вірусами. Активація комплементу спричинює бактеріолізис, стимулює фагоцитоз, продукування й виділення тканинами речовин, які беруть участь у запальних процесах. *Інтерферон* — це група низькомолекулярних пептидів, що продукуються лейкоцитами. Діє на клітини, інфіковані вірусом, не прямо, а стимулюючи вироблення антивірусних речовин сусідніми неінфікованими клітинами макроорганізму.

Фагоцитарний, або *клітинний, імунітет* забезпечується клітинами крові. До фагоцитозу здатні не тільки всі лейкоцити, а навіть тромбоцити, але найбільш виражену фагоцитарну активність виявляють нейтрофіли та моноцити. Зокрема, частина моноцитів, потрапляючи в тканини, перетворюється там на *макрофаги.* Для цих клітин взагалі не має значення вид мікроорганізму чи природа токсину. Якщо вони здатні його знищити, то захоплюють це чужорідне тіло й перетравлюють. Лейкоцити являють собою «першу лінію оборони» макроорганізму, оскільки негайно реагують на появу чужорідних клітин.

6. Механізми формування імунітету.

Специфічний імунітет властивий тільки хребетним тваринам і здійснюється лімфоцитами, тому часто називається лімфоїдним. Лімфоцити, що потрапляють у кров із кісткового мозку, є імунологічно нейтральними або нульовими. Частина нульових лімфоцитів з течією крові потрапляє у вилочкову залозу (тимус) і в результаті складних процесів, суть яких ще не з'ясована і які називають диференціюванням,

перетворюються на імуно-компетентні Т-лімфоцити, тобто такі, що здатні вступати в реакцію з антигеном (бактеріями, чужорідним білком тощо). Вперше зустрівши певний антиген, Т-лімфоцит «запам'ятовує» його і починає ділитись. Більшість новоутворених Т-лімфоцитів вступає в реакцію з антигеном і знищує його. Це Т-лімфоцити-вбивці (кілери). Частина Т-лімфоцитів у реакцію не вступає і продовжує циркулювати з кров'ю, іноді все життя. Це *лімфоцити імунологічної пам'яті.* При повторному контакті з таким самим антигеном вони пізнають його, починають інтенсивно ділитись, утворюючи велику кількість Т-лімфоцитів-убивць, які й знищують антиген. Такого типу реакція називається *вторинною імунною відповіддю* і відбувається значно сильніше, ніж при першій зустрічі з антигеном (первинній відповіді).

Частина клітин імунологічної пам'яті продовжує циркулювати в організмі до наступного контакту з антигеном. Зрозуміло, що різні Т-лімфоцити «запам'ятовують» і налаштовуються на реакцію з різними антигенами, але кожний лімфоцит — лише на один антиген. У цьому й полягає специфічність такого імунітету. Серед Т-лімфоцитів розрізняють також *лімфоцити-хелпери* (помічники), без яких лімфоцити-кілери не можуть виконувати свою функцію, *лімфоцитисупресори,* які пригнічують імунні реакції, та ін.

Друга частина нульових лімфоцитів проходить диференціювання в лімфатичних вузлах кишок, апендикса і, можливо, кісткового мозку. Вони дістали назву В-лімфоцитів від першої літери латинського слова *bursa* — сумка (вперше цей процес був досліджений у птахів, у яких він відбувався у так званій *фабрицієвій сумці).* Новоутворені молоді лімфоцити течією крові розносяться до лімфоїдних тканин різних органів, де й проходять диференціювання, в результаті якого стають імунокомпетентними, але ще не є зрілими ефекторни-ми В-лімфоцитами. На їхній поверхні є вже готові молекули іму-ноглобуліну — антитіла до конкретного антигену. При першому контакті В-лімфоцита з антигеном здійснюється «запам'ятовування» антигену й проліферація В-лімфоцитів. Більшість дочірніх клітин осідає в центрах розмноження в лімфоїдній системі організму й перетворюється на плазматичні клітини, що продукують антитіла, — виникає *первинна імунна відповідь.*

Решта В-лімфоцитів виходять знову в кров і стають лімфоцитами імунної пам'яті. При появі антигену В-лімфоцити починають синтезувати антитіла до того антигену, що спровокував певну імунну реакцію, які, пройшовши крізь їхню мембрану, переходять у тканинну рідину і кров. І вже за межами В-лімфоцитів, у плазмі чи в тканинах, відбувається *реакція антиген—антитіло,* в результаті якої антиген знищується або знешкоджується в процесі наступних імунних реакцій. Це *вторинна гуморальна імунна відповідь,* яка відбувається значно активніше й швидше, ніж первинна, а також швидше (десятки хвилин, години) порівняно з вторинною клітинною імунною відповіддю, спричиненою Т-лімфоцитами (1—2 доби). Відповідно перша з них називається *імунною реакцією негайного типу,* а друга — *сповільненого типу.*

З урахуванням описаних вище особливостей реагування імунної системи на антиген у медичній практиці застосовують прийом специфічної профілактики інфекційних хвороб — *вакцинацію.* Вона полягає в тому, що попередньо здійснюють штучний контакт макроорганізму з ослабленим інфекційним агентом, який не спричинює захворювання, але призводить до появи лімфоцитів імунологічної пам'яті до цього антигену. При повторному, вже не спровокованому, контакті макроорганізму із цим антигеном лімфоцити проліферують і здійснюють ефективну імунну реакцію, запобігаючи захворюванню.

Алергія як підвищена чутливість організму до певних чинників. *Алергія* — форма імунологічної відповіді, яка виявляється у вигляді підвищеної чутливості або реактивності організму до різних антигенів (так званих *алергенів),* стан спотвореної реактивності організму до якого-небудь антигену. Алергія супроводжується підвищеною проникністю капілярів, посиленням кровообігу в шкірі й слизових оболонках, появою свербіжного висипу, посиленням виділення секретів екзокринних залоз і бронхоспазмом. Може виявлятися у вигляді негайної і сповільненої реакції. *Негайна реакція (анафілаксія)* розвивається в межах години з моменту зіткнення з антигеном. У хворих виникають відчуття страху, стискання в загруднинному просторі, жару, утруднене дихання, падає артеріальний тиск, спостерігаються розлади функцій травного каналу, утворюються шкірні пухирі тощо. У важких випадках може настати смерть. Уповільнений тип алергії розвивається здебільшого на 9—11-й день після контакту з антигеном. Ця реакція багатосимптомна. Зазвичай порушуються процеси кровотворення.

Поняття про вакцини і сироватки та їхню роль у профілактиці й лікуванні захворювань. *Вакцина* — це виготовлені з мікроорганізмів або продуктів їхньої життєдіяльності препарати, які застосовують для запобігання інфекційним хворобам або для лікування їх. Бувають вакцини *убиті (інактивовані),* в яких властивість збудника спричинювати захворювання усувається обробкою слабкими розчинами формаліну, фенолу або прогріванням (вакцини проти дифтерії, коклюшу, правця, холери, висипного або черевного тифу, лептоспірозу, бруцельозу тощо), і *живі,* які виробляють, ослаблюючи збудників захворювань і відбираючи популяції, які втратили патогенні властивості (вакцини проти віспи, поліомієліту, кору, грипу, чуми, туляремії, туберкульозу). Є ще вакцини *хімічні,* які виготовляють вилученням тих частин мікробної тканини, що мають антигенні властивості (вакцини проти висипного й черевного тифу, паратифу, холери, дифтерії, правця тощо), та *антитоксини.* Усі вакцини мають спільну властивість — при вакцинації створювати імунітет. Живі вакцини забезпечують напружений і більш тривалий імунітет. Оскільки вакцинам властива специфічність, їх існує багато. Щоб зменшити кількість щеплень, у практиці використовують комбіновані вакцини.