**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ ІМЕНІ ІВАНА БОБЕРСЬКОГО**

**КАФЕДРА АНАТОМІЇ І ФІЗІОЛОГІЇ**

**ДИСЦИПЛІНА "СПОРТИВНА МОРФОЛОГІЯ"**

Модуль № 1, тема № 3

# ЛЕКЦІЯ № 2
## Тема лекції:
## МОРФОЛОГІЧНІ ПРОЯВИ АДАПТАЦІЇ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ ДО ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

План лекції:

1. Основні поняття про адаптацію організму людини до фізичних навантажень.
2. Адаптаційні зміни в скелеті під впливом фізичних навантажень.
3. Адаптаційні зміни в м’язовій системі під впливом фізичних навантажень.
4. Особливості будови серцево-судинної системи спортсменів.
5. Зміни розміщення і будови внутрішніх органів при виконанні спортивних вправ.
6. Морфологічні прояви адаптації нервової системи та ендокринних залоз при дії фізичних навантажень.

Тривалість лекції: 2 академічні години.

Навчальні та виховні цілі: дати слухачам уявлення адаптацію до фізичних навантажень та її прояви на різних рівнях функціонування організму; ввести поняття раціональної та нераціональної форм адаптації, які виникають під впливом тренувального процесу.

Матеріальне забезпечення: таблиці.

Склав: доц. Маєвська С.М.

Затверджено на засіданні
кафедри анатомії і фізіології
від 31 серпня 2020 р., протокол № 1

Зав. кафедри. доц. Вовканич Л.С.

## 1. Основні поняття про адаптацію організму людини до фізичних навантажень

Адаптація (*adaptatio*- пристосування) - пристосування організму, популяції або іншої біологічної системи до змін умов існування. Адаптаційні зміни проходять на гено- і фенотипічних рівнях. Організм спортсмена в процесі тренувань і змагань піддається багатьом зовнішнім впливам, а зокрема фізичним навантаженням. Адаптація до них - це приведення будови і функцій організму в відповідність до потреб спортивної діяльності.

Розрізняють адаптацію видову та індивідуальну.

Стадії адаптації: функціональна та морфологічна.

Форми адаптації: раціональна й нераціональна.

Морфологічні прояви адаптації: прискорена клітинна регенерація, гіпертрофія та гіперплазія органів.

## 2. Адаптаційні зміни в скелеті під впливом фізичних навантажень

Морфологічні зміни в кістковій системі спортсменів проходять на різних рівнях її організації: молекулярвому, субклітинному, органному і системному.

На молекулярному рівні спостерігається підвищений синтез білків, мукополісахаридів, ферментів і інших органічних речовин, підсилюється відкладення неорганічних речовин, які забезпечують високу ступінь міцності кісткової тканини. Ступінь збільшення мукополісахаридів у кістковій тканині знаходиться в прямій залежності від інтенсивності навантження: чим вона інтенсивніша, тим більша кількість мукополісахаридів виявляється у кістках.

На тканинному рівні спостерігається підвищена остеонізація кісткової тканини. Було відмічено, що на фізичне навантаження кісткова тканина реагує збільшенням остеонів. В цей час спостерігається руйнування старих остеонів і утворення нових кісткових пластин.

На органному рівні у всіх кістках спостерігається:

1. зміна хімічного складу;
2. зміна форми;
3. зміна внутрішньої будови;
4. зміна швидкості росту і термінів окостеніння.

Хімічний склад кістки під впливом фізичного навантаження змінюється в сторону збільшення неорганічних речовин (кальцію, фосфору). В місцях прикріплення сухожиль м’язів утворюються гребені, горби, шорсткі поверхні. Вони тим більші, чим сильніше розвинені м’язи.

Морфологічні зміни в будові кісткової системи спортсменів спостерігаються у 1) окісті, 2) компактній і губчастій речовині, 3) кістковомозковій порожнині.

Окістя кісток під впливом фізичних навантажень значно потовщується внаслідок посиленого функціонування її внутрішнього (камбіального) шару. В подальшому окостеніла частина окістя зливається з компактним шаром діафізу.

Компактна речовина у спортсменів, як правило, потовщується. Розрізняють три види будови губчатої речовини: дрібнокоміркова, середньокоміркова, крупнокоміркова. У людей, які не займаються спортом, губчата речовина епіфізів кісток, як правило, має периферичну зону з відносно малими комірками і центральну з комірками більшого розміру.

Великі фізичні навантаження, як правило, призводять до збільшення розмірів комірок губчатої речовини. Епіфізарні відділи трубчатих кісток набувають однорідної крупнокоміркової структури без поділу губчатої речовини на периферичну і центральну зони.

Кістковомозкова порожнина під впливом фізичних навантажені у зв'язку з потовщенням компактного шару зменшується.

До сьогоднішнього дня в літературі зустрічаються скупі дані про те, як впливають навантаження статичного і динамічного характеру на функції шлунку, кишечника, жовчного міхура, чи не викликають вони порушень травлення, застою жовчі. Дуже важливим є питання про ударні перевантаження, які можуть виникати при спортивних вправах, коли різко змінюється швидкість руху тіла спортсмена, наприклад, при стрибках, поштовхах, ударах. Чи інерційні сили внутрішніх органів сприяють рухові, чи гальмують його?

Цим питанням присвячені поодинокі роботи Г.Хоске (І930), В.Кноля (І934), Иваницкого, П.З.Ґудзя (І957), М.А.Джафарова (І954, І968), П.К.Левчина (І957, І970). Зміщення внутрішніх органів вивчалося методом контрастної рентгенографії.

## 3. Адаптаційні зміни в м'язовій системі під впливом фізичних навантажень

Спортивна практика показує, що ці цілеспрямовані тренування збільшують силу та змінюють інші функціональні особливості м'язів. Але часто спостерігаються такі явища, коли при максимальних навантаженнях і недостатньому періоді відпочинку, сила м'язів починає зменшуватись і спортсмен не може повторити попередніх результатів.

Систематичні фізичні навантаження в процесі заняття спортом приводять до гіперфункції м'язів, яка закріплюється відповідною структурною перебудовою м'язів.

До морфологічних змін, які характеризують гіперфункцію (гіпертрофію) м'язів належать: збільшення об'єму, ваги органу, об'єму (довжини і товщини) клітинних елементів органа. Ці зміни проходять на різних рівнях структурної організації м'язів: органному, клітинному, субклітинному.

Збільшення інтенсивності скорочення м'язів закономірно тягне за собою активізацію окремих процесів і синтезу білків. Активізація енергетичних процесів призводить до підвищення потреби у кисні, інтенсифікації окисного фоефорилювання, тобто процесів аеробного ресинтезу АТФ. Поряд з цим збільшується і анаеробний шлях ресинтезу АТФ за рахунок розпаду глікогену і креатинфосфату. Також спостерігаєтеся

зростання синтезу білку і збільшення маси міофібрил. Отже спостерігається збільшення розмірів м'язових волокон.

В цей час спостерігається робоча гіперемія, яка створює необхідні умови для інтенсивного притоку крові до органів за рахунок відкриття резервних капілярів. Робота всіх органів і судин залежить від впливу нервової системи.

Статичні і динамічні навантаження по різному впливають на м'язи.

Так, при статичних навантаженнях поряд з збільшенням об'єму м'язів збільшувався площа прикріплення до кісток, зростає сухожилкова частина м'яза, збільшується внутрім'язовий сполучно-тканний прошарок ендомізія. На мікроскопічному рівні спостерігається збільшення трофічного апарату м'язового волокна (саркоплазми, ядер, мітохондрій). У зв'язку з цим деякі м'язеві волокна потовщуються, ядра набувають округлої форми. Однак міофібрили розвинені менше і розміщені нещільно.

Довготривалі скорочення м'язових волокон і інтенсифікація в них метаболічних процесів сприяє збільшенню кількості кровоносних капілярів. Рухові бляшки збільшуються в більшій мірі в поперечних розмірах.

При динамічних навантаженнях вага і об'єм м'язу теж збільшується, але в меншій мірі в порівнянні з статичними навантаженнями. В м'язах проходить збільшення м'язової частини м'язу і скорочення сухожилкової частини. М'язові волокна розміщуються паралельно повздовжній осі м'яза. На мікроскопічному рівні спостерігається збільшення кількості міофібрил. Ядра витягуються і збільшуються. Кількість нервових волокон у м'язі збільшується.

При фізичних навантаженнях різної інтенсивності спостерігається перебудова м'язів, яка має велике практичне значення для наукового обґрунтування рухових режимів як у звичних умовах, так і в умовах перетренованості після максимальних і субмаксимальних навантажень. Дослідження П.З.Гудзя /1963, 1966/ показали, що при хронічній перевтомі гіподинамія негативно впливає на відновлення функціональних властивостей м'язів.

При фізичних навантаженнях середньої інтенсивності спостерігаються зміни в м'язах про які ми говорили вище.

Після фізичних навантажень повинен бути період відпочинку достатній для відновлення м'язу. В іншому випадку в м'язі розвивається хронічна перевтома, або перетренованість. П.З.Гудзь показав, що морфологічні зміни, які відбуваються в м'язах, проходять двома шляхами: з одного боку спостерігається розпад м'язових волокон; з іншого - продовжкє розвиватись робоча гіпертрофія м'язової тканини (в залежності від ступеня перетренованості переважають ті або інші процеси). При розпаді м'язових волокон рухові білки зменшуються в об'ємі в результаті чого зменшується контактні площі м'язових і нервових волокон, внаслідок чого зменшуються функціональні можливості м'язів. Зменшується кровопостачання м'язів. В м'язах зменшується поперечна і повздовжня посмугованість, окремі волокна

піддаються дистрофії, а на деяких з них утворюються здуття і звуження. На місці м'язових волокон, які розпалися, утворюється сполучна тканина.

Таким чином, при побудові раціонального рухового режиму, як в процесі тренування так і в період відновлення, необхідно враховувати ті структурні зміни в м'язах, які виникають в результаті фізичних навантажень різної інтенсивності.

## 4.Особливості будови серцево-судинної системи спортсменів

.

Функцію забезпечення м'язової діяльності (як і всіх інших процесів в організмі) виконує серцево-судинна система. Фізичні навантаження викликають перебудову всіх ланок цієї системи, а особливо серця. Зміна форми і розмірів серця супроводжується одночасними змінами в гемоциркуляції організму. Це спостерігається при виконанні таких вправ як "вис прогнувшися", "стійка на кистях", "міст" (коли змінюється напрямок сили тяжіння крові по відношенню до серця), а також вправи, які викликають підвищення внутрішньогрудного тиску - "упор руки в сторону на кільцях", "упор лежачи обличчям вниз". При вправі "вис на кільцях" часто зменшується поперечний розмір серця, воно набуває видовженої форми. Це пояснюється розтягом серцевої сумки, яка стискає серце з боків. Під час виконання вправ "стійка на кистях", "вис прогнувшись", "кут в упорі" у деяких спортсменів серце набуває горизонтального положення. Найбільш раніальае положення займає

серце у вправі "стійка на кистях" У всіх положеннях тіла зміна границь серця більш виражена при вдосі. У спортсменів-початківців зміна площини серця в порівнянні з вихідним положенням виражена більш ніж *у* тренованих спортсменів.

Спортивні навантаження викликають гіперфункцію серця, яка веде до збільшення його розмірів внаслідок гіпертрофії міокарда і розширень камер серця. Хоча гіпертрофія міокарда є невід'ємною особливістю серця спортсменів, однак , у спортсменів гімнастів, акробатів, важкоатлетів виражена слабо, а у бігунів-стайєрів, велосипедистів-шосейників може досягнути значної вираженості.

Вага серця здорової людини, яка не займається спортом, становить 270-265 г, у спортсменів - 310-500 г. Між вагою серця і об'ємом камер прямої залежності не спостерігається. Збільшення ваги серця супроводжується гіпертрофією м'язових клітин - кардіоміоцитів. Гіпертрофія кардіоміоцитів супроводжується погіршенням їх функцій.

Коли розглянути абсолютний об'єм роботи, то серце з гіпертрофованим міокардом переважає негіпертрофоване, однак при перерахунку на одиницю ваги міокарда, об'єм роботи буде такий самий, або й менший, ніж у випадку негіпертрофованого.

Отже, як бачимо, гіпертрофію серця у спортсменів слід вважати небажаним явищем. Однак існують умови за яких можна задовільнити

підвищені функціональні запити при невеликій гіпертрофії міокарда в поєднанні з гіпертрофією сосочкових м’язів, з прискоренням відновлення ультраструктур (мітохондрій, міофібрил) кардіоміоцитів, збільшення камер серця при підвищенні тонусу м’язів стінок, перебудові гемодинаміки (збільшення серцевого викиду) і покращення капіляризації міокарду.

Очевидно оптимальними для роботи міокарда є умови посиленої внутріклітинної регенерації ультраструктур. Якщо це є недостатнім, тоді приходить збільшення кількості ультраструктур, яке веде до гіпертрофії кардіміоцитів і міокарду в цілому.

Підвищення викиду крові в артеріальну систему адаптованої до фізичних навантажень серцевим м'язам приводить до відповідної перебудови артерій з потовщенням їхніх стінок.

При зростанні фізичного навантаження проходить перебудова всіх компонентів мікроциркуляторного русла крові: розкриваються резервні капіляри, збільшується звивистість артеріальної ланки мікроциркуляторного русла, помірно розширюється його венозний відділ і формуються артеріоло-венулярні анастомози. В результаті цього підвищується місткість мікроциркуляторного русла і покращується його пропускна здатність. При великих фізичних навантаженнях, які приводять до стану втоми, змінюється лімфокапілярне русло: діаметр лімфатичних капілярів збільшується більш ніж в 3 рази.

Характер і об’єм змін мікроциркуляторного русла залежить від віку, спортивної спеціалізації, стажу і кваліфікації, а також від особливостей тренувального процесу.

## 5. Зміни розміщення і будови внутрішніх органів при виконанні спортивних вправ.

Шлунок. Форма шлунку непостійна і при спокійному положенні тіла і при змінах положень тіла.

В основному положенні у спортсменів спостерігається косе або вертикальне положення шлунка. При вправі “стійка на кистях”, “вис прогнувшись”, "міст” шлунок займає горизонтальне положення. Найбільше відхилення від вихідного положення шлунок приймає при вправі "стійка на кистях": границя шлунку зміщується краніально на 18,9 см (М.А.Джафаров, І968). Найбільш рухома частина шлунку є велика кривизна шлунку.

Основними функціями шлунку є евакуаційна, секреторна, екскреторна. Дослідження показали, що з підвищенням інтенсивності м'язової роботи до 450 кгм/хв швидкість евакуації вмісту шлунку збільшується, при подальшій збільшенні інтенсивності м’язової роботи до 750 кгм/хв евакуація зменшується на 25% від вихідного рівня. При високих навантаженнях зменшується на 40% від вихідного рівня. Такі ж зміни спостерігаються в секреторній функції Порушення в секреції шлункового соку при динамічній і статичній роботі виникають, коли навантаження виконуються менш ніж за годину до або після прийому їжі. Пригнічення секреції більш виражено у

випадку жирної і менше - при білковій їжі. Екскреторна функція шлунку при надмірній м'язовій роботі проявляється виділенням продуктів азотистого обміну (аміаку, сечовини) з подальшим використанням в тонкому кишечнику. Фізичне навантаження виступає свого роду стресовим для організму, може викликати зміни будови слизової оболонки шлунку. Образно кажучи, шлунок є дзеркалом стресових станів.

Товстий кишечник. Найбільш рухливою частиною є поперечна ободова кишка, яка може зміщуватися в краніальному напрямку на відстань до 20 см**.** В меншій мірі зміщується правий вигин ободової кишки (до 14 см) і лівий (до 11,6 см), сліпа кишка зміщується до 11,2 см (М.А.Джафаров). Майже при всіх вправах кут правого вигину ободової кишки більший і розміщується вище лівого кута. Висхідна ділянка ободової кишки частіше змінює свою довжину і ширину ніж низхідна ділянка. При виконанні вправи "рівновага лежачи впоперек жердини" висхідна ободова кишка і початок правої половини поперечної кишки, а також ліва половина поперечної ободової кишки з низхідною ободовою кишкою розміщуються у вигляді так званої "двостволки". Виникнення цих сильних вигинів пов'язано з індивідуальними морфологічними особливостями і місцем перетискання жердиною. Якщо поперечна ободова кишка виявляється вище цього місця, то вона значно зміщується вверх, якщо нижче, то частина її опускається в область тазу.

Печінка. Поступово зростаючі фізичні навантаження в період еволюційного онтогенезу приводять до збільшення абсолютної і відносної маси печінки і її лінійних розмірів. Інтенсивність кровообігу в печінці при динамічній роботі збільшується, про що свідчить розширення кровоносних капілярів. Розміри гепатоцитів і їх ядер збільшуються, у той час як кількість ядер не змінюється. При помірному фізичному навантаженні збільшується відкладання глікогену в печінці при зменшенні жирових включень в гепатоцитах.

Жовчний міхур в положенні стоячи має грушоподібну форму, нижній край контуру тіні міхура, як правило, знаходиться на рівні III-IУ поперекових хребців, в положенні лежачи на животі на рівні II-III поперекових хребців, в положенні тіла вниз головою на рівні I-II поперекових хребців. З переходом в положення лежачи на животі, змінюється не тільки розміщення жовчного міхура, але і його форма (вона стає бобоподібною в 34,7% випадків), що відбивається на його евакуаторній функції.

На жовчний міхур крім положення тіла значний вплив має характер зусиль м'язів живота і діафрагми. Так, встановлено, що після згинання ніг в положенні лежачи на спині об'єм жовчного міхура зменшується; після бігу він може або зменшуватися або збільшуватися, після таких вправ як "упор лежачи", може збільшуватися.

Спостереження показали, що при плавному підвищенні і зменшенні напруження м'язів живота тонус жовчного міхура дещо зростає, а при довготривалому - зменшується, жовчний міхур більше наповнюється жовчю.

Підшлункова залоза. Оптимальні фізичні навантаження викликають реактивні морфофункціопальні зміни структурних компонентів кінцевих

відділів ендокринної тканини підшлункової залози, які характеризуються гіпертрофією клітин і нагромадженням в цитоплазмі секреторних гранул.

При хронічній втомі морфофункціональні зміни характеризуються появою дистрофічних змін, які проявляються в зникненні чіткості меж багатьох клітин і їх ядер, зменшенням кількості або відсутністю секреторних гранул, в вакуолізації і деструкції окремих клітин.

В ендокринній частині підшлункової залози спостерігається гіпертрофія острівкового апарату органу.

Сечовидільна система. Підвищення фізичних навантажень в період росту і розвитку організму збільшує абсолютну вагу і лінійні розміри нирок, особливо товщину коркового шару. Мікроскопічні дослідження показали велику наповненість кров'ю клубочків нирок. Порожнина капсули клубочка розширена і містить пухкі білкові маси. Канальці нефрона також розширені, в їх порожнині спостерігається скупчення білку. Пропускна здатність нирок при помірних динамічних навантаженнях підвищується. При надмірних навантаженнях функціональна здатність нирок погіршується.

Фізичні вправи впливають на положення нирки. Нирка в положенні стоячи розміщується на рівні XII грудного - III поперекового хребців. При виконанні таких вправ як "вис прогнувшись" тінь ниркових чашок і ниркової миски зміщується вверх. Сечівники при цьому випрямляються і дещо зміщуються латерально. Верхній кінець сечівника, як правило, зміщується більше ніж нижній. Після стрибків тінь ниркових чашок і миски розміщується нижче вихідного рівня.

Дихальна система. Легені. Фізичні навантаження викликають адаптаційні морфологічні зміни в легенях, які проявляються в помірному розширенні альвеол, незначному витонченні міжальвеолярних перегородок, гіпертрофії сполучнотканинного шару вісцеральної плеври. Така перебудова забезпечує більш економну функцію органу. Довготривалі фізичні навантаження викликають дистрофічні і деструктивні зміни в легенях: розриви міжальвеолярних перегородок, крововиливи, потовщення сполучнотканинного каркасу органа.

## 6. Морфологічні прояви адаптації нервової системи та ендокринних залоз при дії фізичних навантажень

Нервова система, В процесі тренувального процесу проходять зміни на різних морфологічних рівнях. Зміни виникають в кіркових центрах і периферичній нервовій системі,

Підвищена рухова діяльність збільшує надходження аферентних імпульсів по пропріоцептивних шляхах до кори кінцевого мозку, що відбивається на будові пірамідних клітин. А саме збільшується довжина дендритів і кількість шипиків по їх довжині. Розростання дендритів з утворенням нових контактів між нервовими клітинами сприяє нагромадженню інформації, яка локалізується і нагромаджується в синапсах. Пам'ять на рух пов'язана з утворенням нових міжнейрональних зв'язків.

При надмірних фізичних навантаженнях, коли наступає перетренованість, при виснаженні нервової системи, нервові клітини зазнають змін, які ведуть до порушень їх функцій. Це пов'язано із зменшенням кількості рибосом і мітохондрій.

Спинний мозок. При помірних фізичних навантаженнях в нервових клітинах передніх рогів спинного мозку збільшується синтез білку, зростає активність ферментів; при сильних навантаженнях ці процеси гальмуються.

Фізичні навантаження впливають на периферичну нервову систему. А саме пришвидшується мієлінізація осьових циліндрів нервових волокон, що покращує умови проведення імпульсів по нерву. Помірні фізичні навантаження сприяють тому, що з віком гинуть нейрони малих розмірів, а в периферичних нервах зростає доля волокон середніх і великих діаметрів. В результаті швидкість проведення нервових імпульсів підвищується.

При короткотривалих інтенсивних фізичних навантаженнях спостерігається розростання кінцевих закінчень по ходу нервового волокна, збільшення розмірів рухових бляшок. Тривалі інтенсивні навантаження приводять до збільшення кількості нервових закінчень (бляшок). Максимальні навантаження приводять до руйнування частини нервових волокон, розміри рухових бляшок зменшуються. Наступає явище перетренованості.

Залози внутрішньої секреції. Адаптаційні процеси пов'язані з нейросекреторною активністю гіпоталамуса, який впливає на функцію гіпофіза - залози де проходить переключення нейрорегуляції на ендокринну регуляцію. Гіпофіз у свою чергу або стимулює або інгібує діяльність периферичних ендокринних залоз.

Клітинний склад аденогіпофіза неоднорідний, в ньому розрізняють 5 видів клітин, які специфічно впливають на функції щитоподібної залози, наднирників і статевих залоз.

Під впливом помірних фізичних навантажень проходить активація клітин гіпофіза, що морфологічно виражається в посиленні секреторних і інкреторних процесів. Великі фізичні навантаження викликають втому органу - змінюється кількісне співвідношення різних типів клітин, пригнічується їхня-секреторна активність, яка проявляється набряком і крововиливами. Проявляється калоїд-на дистрофія окремих клітин.

Надниркиа. При оптимальних фізичних навантаженнях спостерігається стимулюючий вплив на морфофункціональний стан кіркового шару наднирників, що супроводжується гіпертрофією клітин особливо пучкової зонии, яка синтезує глюкокортикоїди, які активують вуглеводний обмін в м'язах.

Хронічна втома (перетренування) супроводжується різко вираженою гіпертрофією клітин клубочкової зони кіркового шару наднирників, де проходить синтез гормонів - мінералокортикоїдів, які регулюють водно-сольовий обмін.

Щитоподібна залоза. Оптимальні фізичні навантаження мають помірний активуючий вплив на морфо-функціональний стан паренхіми

щитоподібної залози, її тиріоцити і фолікули.

При хронічній втомі морфологічні зміни в щитоподібній залозі характеризується пригніченням секреторної функції.

Статеві залози в умовах помірного фізичного навантаження не піддаються деструктивним змінам, в той час як м’язове перенапруження супроводжується помітною деструкцією сім’яних канальців, що негативно відображається на сперматогенезі.

Вилочкова залоза: при інтенсивних фізичних навантаженнях спостерігається збільшення мозкового шару, що пов’язано, напевно, із зменшенням кількості лімфоїдних елементів органу. Зменішення кількості лімфоїдних елементів у вилочковій залозі негативно відбивається на імунно-біологічних захисних реакціях організму.