



**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА АНАТОМІЇ З КЛІНІЧНОЮ АНАТОМІЄЮ  
ТА ОПЕРАТИВНОЮ ХІРУРГІЄЮ**

## **Лекція**

# **Адаптація організму людини до фізичних навантажень**

**Полтава-2024**

# План лекції

- Фізіологічні механізми адаптації організму людини до фізичних навантажень
- Фази адаптації
- Принципи адаптації.

# Фізіологічні механізми адаптації організму людини до фізичних навантажень

**Адаптація** – процес пристосування організму, популяції або іншої біологічної системи до умов функціонування, що змінюються.

Фізичне навантаження включає в себе комплекс вправ, що призводять до адаптаційних змін в організмі. Ці зміни викликають певні фізіологічні та біохімічні зрушення в організмі, наслідком яких є підвищення рівня тренуваності.



Адаптація спортсмена до фізичних навантажень здійснюється через пристосування різних систем організму до умов специфічної діяльності:

***серцево-судинної***

***дихальної***

***нервово-м'язової***



# ***Адаптація серцево-судинної системи***

Фізичні навантаження призводять до змін основних показників функцій серцево-судинної системи.

М'язова робота призводить до змін серцевої діяльності, які здійснюються два етапи.

Перший етап – це період впрацьовування, під час якого основні параметри кровообігу поступово змінюються від величини спокою до величини, що відповідає певному рівню навантаження. Тривалість цього етапу невелика (від 30 с до 2-2,5 хв.). Він в свою чергу поділяється на періоди стартової реакції і початкової стабілізації.

Другий етап – стійкий стан характеризується встановленим режимом серцевої діяльності на певному рівні навантаження.

Реакція серцево-судинної системи на фізичне навантаження визначається в основному такими показниками гемодинаміки :

- частотою серцевих скорочень;
- ударним об'ємом серця;
- артеріальним тиском;
- хвилинним об'ємом серця;
- судинним опором;
- регіональним кровотоком.





За легкого фізичного навантаження, **частота серцевих скорочень спочатку значно збільшується**, а потім поступово знижується до рівня, який зберігається протягом всього періоду стабільної роботи. По мірі подальшого підвищення навантаження (більше 1000 кг м/хв) серцеві скорочення прискорюються більш помірно і поступово вони досягають максимальної величини **170-200 уд/хв**. Подальше підвищення навантаження уже не супроводжується збільшенням ЧСС.

За рекомендацією Всесвітньої організації здоров'я допустимими вважаються навантаження, під час яких частота серцевих скорочень досягає 170 уд/хв і цей рівень зазвичай використовують для визначення перенесення фізичних навантажень і функціонального стану серцево-судинної і дихальної системи .



**Ударний об'єм серця** (УОС) при переході від стану спокою до навантаження швидко збільшується і досягає стабільного рівня під час інтенсивної ритмічної роботи тривалістю 5-10 хвилин.

Було встановлено, що ударний об'єм серця досягає максимальних величин під час помірних навантажень за частоти серцевих скорочень біля **130 уд/хв.**, коли споживання кисню складає 40% аеробної продуктивності. Протягом тривалих і наростаючих навантажень ударний об'єм не збільшується, навіть трохи зменшується.



**Хвилинний об'єм серця** (ХОС) визначається ударним об'ємом серця і частотою серцевих скорочень, залежить від положення тіла людини, її статі, віку, тренованості, умов зовнішнього середовища і багатьох інших чинників.

- Під час фізичних навантажень середньої інтенсивності в сидячому і стоячому положенні ХОС приблизно на 2 л/хв менше, чим у процесі виконання того ж навантаження в лежачому положенні. Пояснюється це накопиченням крові в судинах нижніх кінцівок через дію сили притягіння.
- За інтенсивного навантаження хвилинний об'єм серця може зростати в 6 разів у порівнянні зі станом спокою. Коефіцієнт утилізації кисню збільшується у 3 рази. У результаті доставка кисню до тканин збільшується приблизно у 18 разів, що дозволяє під час інтенсивного навантаження у тренованих людей досягти росту метаболізму в 15-20 разів у порівнянні з рівнем основного обміну.

**Артеріальний тиск.** Тиск в артеріях коливається протягом серцевого циклу між систолічним і діастолічним.

Зазвичай, в нормі в стані спокою систолічний тиск складає **120 мм.рт.ст.**, діастолічний – **80 мм.рт.ст.**

Початковий період підвищення систолічного артеріального тиску за ритмічної роботи продовжується 1-2 хвилини, після чого він підсилюється на стабільному рівні, що залежить від інтенсивності навантаження. Після закінчення роботи систолічний артеріальний тиск протягом 5-10 с падає до більш низького рівня, чим початковий, а потім зростає до величини, що перевищує початкову. Діастолічний артеріальний тиск залишається без суттєвих змін і тільки трохи підвищується під час важкого фізичного навантаження, в результаті чого значно збільшується пульсовий тиск.



**Судинний опір.** Під впливом фізичних навантажень суттєво змінюється судинний опір. Збільшення м'язового опору призводить до посилення кровотоку через м'язи, що скорочуються, завдяки чому місцевий кровотік збільшується в **12-15 разів** порівнянно з нормою.

Одним із найважливіших чинників, що сприяють підсиленню кровотоку у процесі м'язової роботи є різке зменшення опору в судинах м'язів, що призводить до значного зниження загального периферичного опору. Це зниження опору починається через 5-10 с від початку скорочення м'язів і досягає максимуму через 1 хвилину або після більш значного терміну.

# ***Адаптація дихальної системи до фізичних навантажень***

Дихальна і серцево-судинна система створюють ефективну систему транспорту кисню в тканини організму і виведення з них діоксиду вуглецю.

Система транспорту включає чотири окремих процеси:

- легеневу вентиляцію (дихання), що являє собою переміщення газів в легені та з легенів;
- дифузію – газообмін між легенями і кров'ю;
- транспорт кисню і діоксиду вуглецю з кров'ю;
- капілярний газообмін – газообмін між капілярною кров'ю і метаболічно активними тканинами.



- **Легенева вентиляція (дихання)** – це сукупність процесів, які забезпечують доступ в організм кисню і виведення з організму вуглецю. Кисень необхідний для окислення органічних речовин, в результаті чого звільнюється енергія. Вуглець утворюється в процесі окислення вуглеводів.
- Показники зовнішнього дихання:
  - Дихальний об'єм (ДО) – об'єм повітря, що вдихується і видихається протягом кожного дихального циклу.
  - Резервний об'єм вдихання (РО вд) – максимальний об'єм вдихання повітря, який можна вдихнути після спокійного видиху – 1500-2500 мл.
  - Резервний об'єм видиху (РО вид) – максимальний об'єм повітря, що можна видихнути після спокійного видиху – 1300 мл.

- **Життєва ємність легенів (ЖЄЛ)** – об'єм повітря, який можна максимально видихнути після максимального вдиху. ЖЄЛ складається із ДО, РО вд, РО вид. ЖЄЛ в середньому складає **у жінок – 2,5-4 л, у чоловіків – 3,5-5 л**, у добре тренованих спортсменів ЖЄЛ може досягати 8 л.
- **Частота дихання (ЧД)** за 1 хв. в стані спокою у дорослих людей, що не займаються спортом і активною фізичною діяльністю, складає 16-20 дихальних рухів і 8-14 – у спортсменів.
- **Хвилинний об'єм дихання (ХОД)** – кількість повітря, яке вдихається і видихається за 1 хв. за спокійного дихання.

$$\text{ХОД л/хв.} = \text{ЧД} \cdot \text{ДО}$$

- **Величина максимального споживання кисню** – це найвищий досяжний рівень аеробного обміну під час фізичного навантаження. Зазвичай, таке навантаження виснажує обстежуваного за 5-10 хв. Вище цієї межі м'язи, що працюють, виявляються в умовах недостатнього постачання киснем і в них збільшуються анаеробні обмінні процеси. Максимальне споживання кисню є показником аеробної спроможності організму.
- МСК забезпечується максимальною діяльністю органів газотранспортної системи: дихальною, серцево-судинною і системою крові.
- У стані спокою споживання кисню складає 0,2-0,3 л/хв., під час фізичної роботи у дорослих чоловіків, які не займаються активною спортивною діяльністю, МСК дорівнює 2,5-3,5 л/хв. (40-50 мл/хв./кг). МСК у високо тренованих спортсменів, особливо у тих, які займаються циклічними видами спорту може складати 7-8 л/хв. (70-90 мл/хв./кг).

# ***Адаптація нервово-м'язової системи до фізичних навантажень***

М'язи людини складаються з волокон двох типів – таких, що повільно і швидко скорочуються. „Повільні“ м'язові волокна утримують більше мітохондрій, вони густіше пронизані капілярами, в яких більше міоглобуліну, що транспортує кисень з капілярів у м'язи. „Швидкі“ волокна відрізняються високою швидкістю АТФ в без кисневих умовах, а це означає і швидке енергозабезпечення м'язових скорочень, тому вони володіють високим гліколітичним потенціалом, в них утримується значно менше мітохондрій, колір їх світліший, із-за чого їх іноді називають ще білими волокнами („повільні“ волокна називають червоними).





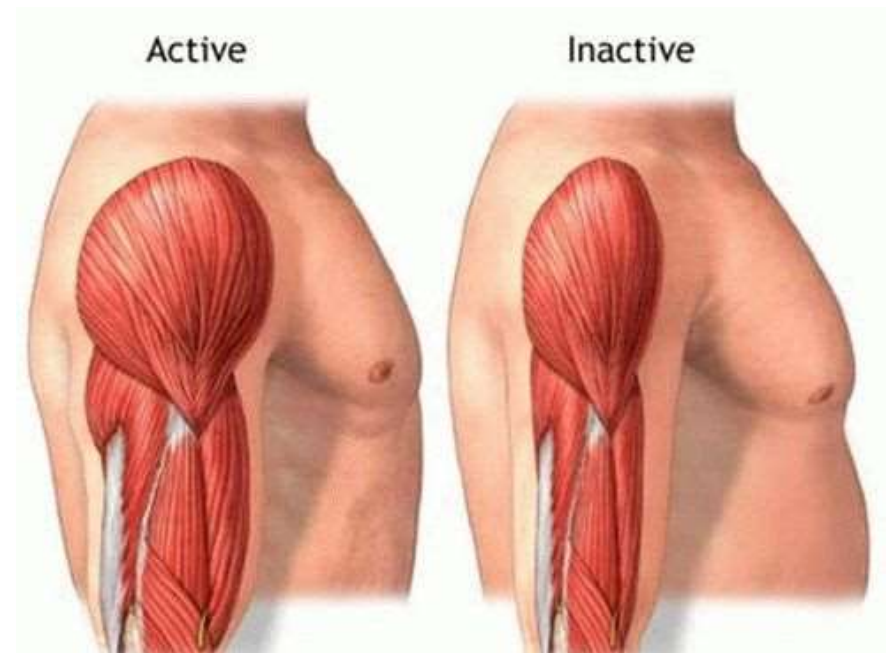
„Повільні” волокна відносяться до тих, що повільно скорочуються (ПС), а „швидкі” – до тих, що швидко скорочуються (ШС).

Волокна, що швидко скорочуються в свою чергу поділяються на швидко скорочувальні типу „а” (ШСа) і швидко скорочувальні волокна типу „б” (ШСб).

Існує і третій тип швидко скорочувальних волокон типу „в” (ШСв).

В середньому м'язи складаються на 50% з ПС і на 25% з ШС – волокон типу „а”. Інші 25% складають головним чином ШС – волокна типу „б”, тоді як ШС – волокна типу „в” складають всього 1-3% .

- Хімічний склад м'язової тканини складає 72-80% води і 20-28% сухого залишку від маси м'язів. Вода входить в склад більшості клітинних структур і слугує розчинником для багатьох речовин. Більшу частину сухого залишку складають білки та інші органічні з'єднання .
- Серед білків м'язової тканини виділяють три основні групи: саркоплазматичні білки – близько 35%, міофібриальні білки – 45% і білки строми – 20% .



- Назви ПС і ШС-волокон обумовлені різницею у швидкості їх дій, що здійснюються різними формами міозин-АТ **Фази**. У відповідь на нервову стимуляцію АТФ швидше розчіплюються в ШС, ніж в ПС-волокнах. Внаслідок цього ШС-волокна швидше отримують енергію для скорочення, ніж ПС-волокна.
- ШС – і ПС-волокна відрізняються різною силою і швидкістю скорочень. Час необхідний для максимальної потужності ШС-волокон, зазвичай не перевищує 0,3-0,5 с, в той час як ПС-волокна здатні розвивати максимальну потужність лише через 0,8-1,1 с. Активність анаеробних ферментів ШС-волокон більше ніж у два рази перевищує активність цих ферментів в ПС-волокнах.

Сила м'язів збільшується лише завдяки тренуванням. Протягом 3-6 місяців силового тренування можна збільшити силу м'язів на 25-100%. Згідно такому твердженню, розвиток сили проходить за рахунок нервової адаптації і гіпертрофії м'язів.

Нервова адаптація включає: поліпшену координацію, поліпшене засвоєння, підвищену активацію первинних двигунів. За рахунок нервової адаптації збільшення сили проходить на початковому етапі тренування.

Довготривалі зміни сили є результатом гіпертрофії тренувальних м'язів або групи м'язів .



- Існують два типи гіпертрофії: короткочасна і довготривала.

Перша являє собою „накачування” м’язів під час однократного фізичного навантаження. Це відбувається, головним чином, внаслідок накопичення рідини, що поступає з плазми крові в інтерстиціальному і внутрішньоклітковому просторі м’язів. Короткочасна гіпертрофія продовжується недовго, рідина повертається у кров протягом декількох годин після фізичного навантаження.

Довготривала гіпертрофія являє собою збільшення м’язового розміру внаслідок тривалих силових тренувань. Вона відображає дійсні структурні зміни у м’язах внаслідок збільшення розміру окремих м’язових волокон (гіпертрофія).

- 
- У процесі силових тренувань гіпертрофія м'язових волокон зумовлена збільшенням білкового синтезу у м'язах. Білок у м'язах підлягає постійним процесам синтезу і розщеплення. Під час виконання фізичних навантажень синтез зменшується, а розщеплення збільшується. Для періоду відновлення після фізичних навантажень характерне збільшення синтезу білка.
  - Силове тренування може призвести до зміни типу м'язового волокна
  - Тренувальні програми з розвитку сили дозволяють протягом 8-10 тижнів збільшити силу до 22%. У досліджуваних, які потім не тренувалися, спостерігали 68% зниження збільшеної внаслідок тренування сили. У тих, хто продовжував тренуватися лише один день на тиждень, рівень сили не зменшувався протягом майже 12 тижнів.

# Фази адаптації

Процес адаптації реалізується тоді, коли в системі "людина-середовище" виникають суттєві зміни, що зумовлюють порушення адекватності їхніх відносин. Оскільки людина і середовище знаходяться не в статичній, а в динамічній рівновазі, їхнє співвідношення змінюється постійно, також постійно здійснюється і процес адаптації





**1 фаза** — орієнтування, пов'язана з чинником "новизни", при якій, як правило, відзначаються загальна, психоемоційна загальмованість і деяке зниження працездатності;

**2 фаза** — підвищення реактивності, характеризується переважанням процесу збудження, стимулюванням діяльності регулювальних і фізіологічних систем організму, переважанням діяльності симпатичної частини вегетативної нервової системи та адренергічних механізмів регуляції, що забезпечують мобілізацію функціональних і метаболічних резервів організму. У цей період спостерігається зниження надійності функціональних систем насамперед систем, раніше вже ушкоджених (функціональна ослабленість)

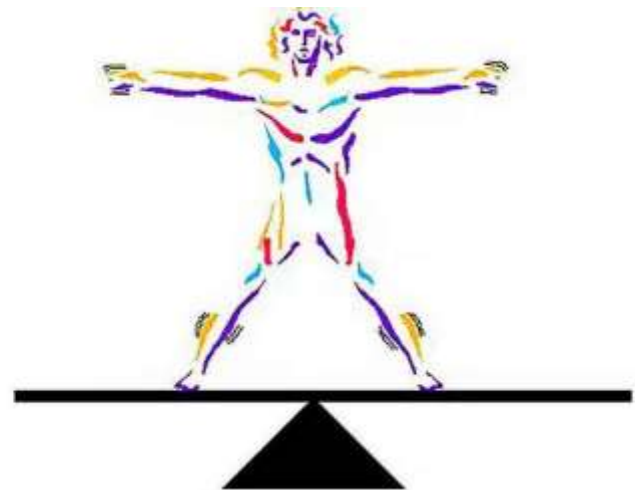


**3 фаза** реалізується основний (універсальний) закон позитивного результату дії, що забезпечує позитивну ентропію (накопичення енергії). Значно поглиблюються процеси внутрішнього гальмування, стимулюються холінергічні механізми регуляції, що перебудовують різні фізіологічні системи і спеціалізовані структури організму на більш економний рівень функціонування. Спостерігаються зміни не лише в наймобільніших, реактивних системах організму, але й біохімічних і біофізичних властивостях тканин. Цією фазою, як правило, завершується розвиток процесу акліматизації при короткочасному перебуванні в новому кліматі;

**4 фаза** формується в разі тривалого перебування в незвичних кліматичних умовах, фаза закінченої, або стійкої, адаптації. У ній найяскравіше виявляються пристосовні реакції на тканинному рівні.

# Принципи адаптації

Для збереження адаптаційних ознак важливо, щоб організм був пристосований до змін умов і ця здатність передавалася з покоління в покоління. Це означає, що адаптації мають закріплюватися спадково на рівні популяції. У вузькому розумінні **адаптація (пристосування)** означає особливі властивості, здатні забезпечити виживання організмів у конкретному середовищі.





Існує два типи пристосування до зовнішніх чинників.

Перший полягає у виникненні певного ступеня стійкості до даного чинника, здатності зберігати функції при зміні сили його дії. Це **пасивний шлях адаптації — адаптація за принципом толерантності**. Такий тип пристосування формується як характерна видова властивість і реалізується переважно на клітинно-тканинному рівні.

Другий тип пристосування — активний. У цьому випадку організм за допомогою специфічних адаптивних механізмів компенсує зміни, викликані діючим фактором, таким чином, що внутрішнє середовище залишається відносно постійним.

**Активні пристосування — адаптація за резистентним— підтримують гомеостаз внутрішнього середовища організму.**

# Література

- Філімонов В. І. Фізіологія людини. – К.: Медицина, 2021. – 488 с.
- Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин. К. Вища школа.- 1991.- С.3- 33.
- Сидоренко П. І., Бондаренко Г. О., Куц С. О. Анатомія та фізіологія людини. – К.: Медицина, 2015. – 248 с.
- Федонюк Я.І. Анатомія та фізіологія з патологією. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2001. – 676 с.
- Михалевич Р.Ф. Анатомія та фізіологія з основами патології. – К.: Здоров'я, 2001. – 175 с.

**СПАСИБІ**

**ЗА УВАГУ!**

