ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ ІМ. ІВАНА БОБЕРСЬКОГО

КАФЕДРА АНАТОМІЇ ТА ФІЗІОЛОГІЇ

“Фізіологія рухової активності різних груп населення”

ЛЕКЦІЯ № 7
Тема: АДАПТАЦІЯ ДО ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА РЕЗЕРВНІ МОЖЛИВОСТІ ОРГАНІЗМУ. КЛАСИФІКАЦІЯ РЕЗЕРВІВ ОРГАНІЗМУ СПОРТСМЕНА.

План.

1. Механізми адаптації до фізичних навантажень нервово-м‘язового апарату.
2. Механізми адаптації до фізичних навантажень серцево-судинної системи.
3. Механізми адаптації до фізичних навантажень дихальної системи
4. Класифікація резервів організму.

Тривалість лекції: 2 академічні години

Навчальні та виховні цілі: охарактеризувати механізми адаптації до фізичних навантажень основних функціональних систем організму спортсмена – нервової, опорно-рухового апарату, серцево-судинної системи, дихальної системи, ознайомити студентів з поняттям функціональних резервів організму, описати основні підходи до їхньої оцінки.

Матеріальне забезпечення: мультимедійна презентація.

Склав: доц.. Вовканич Л.С.

Затверджено на засіданні
кафедри анатомії і фізіології
"_____" _____2020 р.
протокол № _____
Зав. кафедри _____Вовканич Л.С.

Львів 2020

1. Механізми адаптації до фізичних навантажень нервово-м'язового апарату

Організм людини, що займається фізичними вправами, піддається багатьом зовнішнім впливам, зокрема фізичним навантаженням. *Адаптація до них - це пристосування будови і функцій організму до потреб фізичної діяльності*. Адаптація організму супроводжується збільшенням його функціональних можливостей, підвищенням працездатності, покращеннм стійкості до зовнішніх впливів. Процес адаптації проходить у дві стадії – *термінову (функціональну)* і *тривалу (морфофункціональну)*.

Термінова адаптація менш ефективна і на рівні рухового апарату проявляється, зокрема, в активації додаткових рухових одиниць, генералізованому включенні у роботу великих м'язових груп за їх недостатньої координації.

Систематичні фізичні навантаження 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: *субклітинному, клітинному, органному*.

На *субклітинному* рівні збільшення інтенсивності скорочення м'язів закономірно тягне за собою активізацію ряду внутрішньоклітинних процесів, зокрема синтезу білків. Активізація енергетичних процесів призводить до підвищення потреби у кисні, інтенсифікації окисного фосфорилювання, тобто процесів аеробного ресинтезу АТФ. Поряд з цим збільшується і потужність анаеробного шляху ресинтезу АТФ за рахунок розпаду глікогену і креатинфосфату. Також спостерігаєтеся зростання синтезу білку і збільшення маси міофібрил. Наслідком цього на *клітинному* рівні є збільшення розмірів м'язових волокон. На рівні цілісного *органу* ці зміни призводять до збільшення площі поперечного перерізу м'язів, зміни композиції м'язу, перерозподілу довжини м'язової і сухожилкової частин

м’язу, змін у іннервації та кровопостачання м’язу.

Збільшення перерізу м’язів в результаті фізичного тренування називається *робочою гіпертрофією* м’язів. Робоча гіпертрофія відбувається майже виключно за рахунок потовщення наявних м’язових волокон. Можна виділити два крайні типи робочої гіпертрофії – *саркоплазматичний та міофібрилярний*. *Саркоплазматична гіпертрофія* – це потовщення м’язового волокна за рахунок збільшення об’єму саркоплазми, тобто нескоротливої частини. У цьому випадку спостерігається збільшення вмісту нескоротливих білків, та метаболічних резервів волокна – креатинфосфату, міоглобіну і ін. Гіпертрофія такого типу не супроводжується значним зростанням сили м’язів, проте значно зростає витривалість м’язів. Такий тип гіпертрофії характерний для повільних (I типу, червоні, низькопорогові) волокон. *Міофібрилярна гіпертрофія* пов’язана із збільшенням числа і об’єму міофібрил, тобто скоротливого апарату волокна. Вона призводить до значного зростання сили м’язів. Такий тип гіпертрофії характерний для швидких (II типу, білих, високопорогових) волокон. Як правило, робоча гіпертрофія – змішаний процес, у якому представлені обидва типи гіпертрофії. Проте показано, що у залежності від характеру виконуваної роботи той чи інший тип гіпертрофії може переважати, що призводить до зміни площі, яку займають волокна того чи іншого типу. Зокрема, тренування витривалості супроводжується зростанням площі волокон типу I (повільні) та IIA (швидкі окислювальні), у той час як силове тренування призводить до збільшення плоощі волокон типу IIB (швидкі гліколітичні).

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.

За допомогою методу *анамнезу* можна оцінювати основні *властивості вищої нервової діяльності*. Про *силу* нервових процесів можна судити за такими критеріями, як сміливість, наполегливість, активність, цілеспрямованість. *Урівноваженість* нервових процесів характеризується

стійкістю настрою, умінням стримуватися у відношенні до родини, друзів, поведінці у колективі. *Рухливість* нервових процесів визначається по швидкості переходу від одного виду діяльності до іншого, пристосовності до мінливих умов, по швидкості засипання і глибині сну. Розладу сну розглядаються як ознаки перевтоми чи виснаження ЦНС.

Для дослідження й оцінки *координаційної функції* нервової системи в спортсменів використовуються спеціальні координаційні проби. Статична координація оцінюється по стійкості стояння *в позі Ромберга*. Для оцінки *динамічної координації* використовується *пальценосова проба*. Більш точно вивчити стійкість тіла в нормальних умовах і в ускладнених позах можна за допомогою *стабілографії*, а тремтіння тіла й окремих його частин — за допомогою *тремографії*.

Для дослідження функціонального стану ЦНС застосовується метод *електроенцефалографії* (ЕЕГ), що дозволяє реєструвати біоструми кори великих півкуль головного мозку.

Під час дослідження біоелектричної активності мозку за різних патологічних станів велике значення має застосування різних *функціональних проб*: світлового подразнення (безперервне, переривчасте, ритмічне); гіпервентиляції (посилене глибоке дихання протягом 3-5 хв); фармакологічних впливів (залежно від характеру захворювання); звукового подразнення, тощо.

Електроенцефалографія допомагає уточнити локалізацію патологічного вогнища активності при органічних враженнях головного мозку, важкість загальних змін функціонального стану мозку, а також динаміку локальних і загальних змін електричної активності головного мозку. Дані ЕЕГ є дуже інформативними за різних форм епілепсії, пухлин (внутрішньомозкових і немозкових), судинних уражень мозку (особливо при гострих порушеннях мозкового кровообігу), при відкритій чи закритій черепно-мозковій травмі.

Для характеристики *функціонального стану ЦНС* досліджується *латентний час рухової реакції* (ЧРР), тобто час, що проходить між початком

дії подразника і виконанням відповідного рухового акту. Цей час залежить від функціонального стану кори великих півкуль головного мозку і від загального стану досліджуваного: розвитку втоми, тренованості і т.д. Для *оцінки рефлекторних реакцій* звичайно досліджують *сухожильні рефлекси* м'язів плеча, а також колінні й ахілові рефлекси.

Для оцінки функціонального стану *рухового аналізатора* застосовуються прості методичні прийоми: дослідження точності згинання кінцівки до визначеного кута, оцінка зусиль, що прикладаються до ручного динамометра з закритими очима, і ін. В усіх випадках враховується процентне відхилення від заданої величини, що вважається припустимим на 10—20%. Точність виконання чи рухів зусиль має прямий зв'язок із тренованістю і підготовленістю спортсмена.

У діагностиці функціонального стану нервово-м'язового апарату і його порушень важлива роль належить *електроміографії* — методиці, що дозволяє реєструвати електричні біопотенціали скелетних м'язів. Електроміограма (ЕМГ) характеризується частотою й амплітудою коливань, що відображають активність біострумів м'язів, що скорочуються і розслаблюються. Збільшення на ЕМГ числа високих осцилляцій супроводжується найбільш погодженим скороченням м'язових волокон і вказує на поліпшення функціонального стану нервово-м'язового апарата. Про функціональний стан окремих ланок нервово-м'язового апарату можна судити за даними *стимуляційної електроміографії*: подразнення електричним струмом м'язових волокон виявляє швидкість розподілу збудження по них, а подразнення рухових нервів — характер нервово-м'язової передачі, швидкість поширення імпульсу по нервових волокнах, а також деякі рухові рефлекси.

Для оцінки функціонального стану нервово-м'язового апарату досліджуються максимальна швидкість і частота м'язових скорочень, а також максимальна частота рухів кінцівок. У спортивній практиці найчастіше досліджується максимальна частота рухів кисті (*теппінг-тест*).

Для вивчення скоротливості м'язів визначаються їхня статична витривалість і сила. *Динамометрія* дозволяє оцінити вплив фізичного навантаження на силу і витривалість людини. Для її проведення використовують різні системи динамометрів - пружинні, ртутні, гідравлічні. Існують також методики для дослідження *статичної і динамічної витривалості* м'язів. Для дослідження тонусу м'язів використовується міотонометрія.

2. Механізми адаптації до фізичних навантажень серцево-судинної системи

Тривалі заняття спортом та фізичною культурою, особливо спрямовані на розвиток витривалості, супроводжуються певними змінами у серцево-судинній системі. Зокрема, у серці спостерігається *дилатація*, чи розширення порожнин серця, яка стосується як шлуночків, так і передсердь. Однак найбільше значення має дилатація шлуночків. Так, у здорових нетренованих чоловіків у віці 20-30 років об'єм серця складає в середньому 760 $см^3$, а в жінок — 580 $см^3$. У представників таких видів спорту як біг (довгі і середні дистанції), велоспорт (шосе), лижні перегони об'єм серця перевищує 1000 $см^3$. За допомогою ехокардіографії з використанням спеціальних формул можна розрахувати кінцево-діастолічний об'єм (КДО) і кінцево-систолічний об'єм (КСО) порожнини шлуночка, масу міокарда (ММ), ударний об'єм (УО) і т.д. Для серця спортсменів характерним є *збільшення КДО*, яке оптимізує роботу шлуночків при навантаженні, не вимагає "включення" додаткових механізмів збільшення серцевого викиду. КДО, як міра дилатації спортивного серця, в спортсменів змінюється в межах 100—200 мл у залежності від видів спорту, у той час як у нетренованих чоловіків — у межах 80—140 мл. Інша структурна особливість спортивного серця – це *фізіологічна гіпертрофія міокарда*. Робоча гіпертрофія міокарда супроводжується розширенням капілярної сітки. При цьому загальна маса структур, що забезпечують скорочення серця при навантаженні, більша в

спортсменів, що тренуються на витривалість. Саме це і забезпечує ту колосальну продуктивність серця, що характерна для бігунів на середні і довгі дистанції, велосипедистів-шосейників, лижників і т.д.

Функціональні особливості спортивного серця стосуються всіх його функцій: автоматії, збудливості, провідності і скоротності. Для роботи тренера і викладача фізичного виховання найбільший інтерес представляє скорочувальна функція міокарда, яку оцінюють в основному за показниками кардіо- і гемодинаміки. У спортсменів, що тренуються на витривалість, тривалість основних фаз систоли істотно відрізняється від зареєстрованої в нетренованих людей. Ці особливості *кардіодинаміки* найяскравіше відображаються в так званому *повному фазовому синдромі гіподинамії* (ПФСГ) *міокарду*, що виражається головним чином у *збільшенні тривалості фази ізоволюметричного скорочення, зниженні швидкості підвищення тиску в шлуночку, відносному укороченні періоду вигнання, збільшенні КДО* і *маси міокарда*. Більш економічний у спортсменів і процес спорожнювання серця: основна частина систолічного об'єму крові викидається на самому початку періоду вигнання.

Скорочувальна функція міокарда оцінюється і за показниками гемодинаміки. Як відомо, *ударний об'єм* крові в здорових нетренованих людей найчастіше коливається в межах 40—90 мл, у спортсменів — у межах 50—100 мл (у деяких спортсменів в умовах спокою ці величини складають 100—140 мл). Приблизно в 60% спортсменів величина хвилинного об'єму кровообігу у стані спокою відповідає нормальним стандартам, зареєстрованим у здорових нетренованих людей, в інших спортсменів збільшена, причому в деяких з них значно — до 8-10 л/хв. Таке збільшення найчастіше спостерігається у спортсменів високого зросту. Брадикардія в спортсменів може бути надзвичайно вираженою — до 29-34 уд/хв (Израэль), що запобігає "зношуванню міокарду".

Функціональні характеристики серцево-судинної системи особливо демонстративні при фізичному навантаженні. Так, у висококваліфікованих

спортсменів ЧСС підвищується до 185—200 уд/хв, в основному за рахунок різкого вкорочення (у 20—30 разів) фази ізоволюметричного скорочення. Ударний об'єм крові зростає до 150—200 мл, хвилинний об'єм кровообігу – до 25—40 л/хв (зареєстровані навіть величини, рівні 42 л/хв).

Показники *функціонального стану артеріальних судин* у спортсменів, як правило, відповідають віковим стандартам. Проте при фізичному навантаженні артеріальний імпеданс ("вхідний" опір аорти) і еластичність судин підвищуються, у той час як периферичний опір падає майже в три рази. Зниження периферичного опору приводить до збільшення кровообігу у капілярах, підвищення еластичного опору прискорює кровообіг по великих судинах, а деякий ріст артеріального імпедансу сприяє більш ефективному спорожнюванню шлуночків серця.

Показники серцево-судинної діяльності часто використовують як критерії адекватності фізичних навантажень. При цьому враховують збільшення ЧСС безпосередньо під час виконання фізичних вправ, чи характер відновлення цього показника після їх завершення. Зокрема, існує кілька підходів по визначенню максимального ЧСС у залежності від віку:

Вік, р.	Макс. ЧСС, уд/хв.		
	Гутько	Солодков (під час трен.)	Коц
20	140-170	140	190
25	166	-	
30	162	130	185
40	150	125	170
60	130	110	160

Окрім того, існують формули для розрахунку максимального ЧСС у залежності від віку людини. Так, за даними Гутько Ч.Ч. максимальне ЧСС слід розраховувати за такими формулами:

- Для спортсменів ЧСС = 220 – Вік (роки)
- Для нетренованих ЧСС = 200 – Вік (роки)
- Для осіб, що відновлюються: ЧСС = 190 – Вік (роки).

ЧСС під час занять повинна знаходитись у діапазоні 60-75% (за деякими авторами – до 85%) від отриманих значень максимального ЧСС.

3. **Механізми адаптації до фізичних навантажень дихальної системи**

Для спортсменів, та людей, що регулярно займаються фізичними вправами, характерними є розширені функціональні можливості дихальної системи. Вони виникають внаслідок морфологічних та функціональних змін в органах дихання. Зокрема, більша витривалість і сила дихальних м'язів (спортсмени здатні підтримувати ХОД на рівні 80% від максимуму протягом 11 хв., а нетреновані – лише 3 хв.); підвищена еластичність легень і грудної клітки, знижений опір повітроносних шляхів. Під впливом систематичних фізичних навантажень товщина альвеолярно-капілярної мембрани зменшується, що супроводжується збільшенням дифузійної здатності легень (Масорра).

Спортсмени характеризуються певними особливостями показників дихальної системи. Зокрема, у спортсменів *потужність вдиху перевищує* (іноді в 1,2—1,4.рази) потужність видиху. У спортсменів величина ЖЄЛ коливається в надзвичайно широких межах — від 3 до 8 л. Описано випадки збільшення ЖЄЛ у чоловіків до 8,7 л, у жінок — до 5,3 л (В. В. Михайлов). Загалом, для спортсменів багатьох спеціалізацій характерне перевищення величини фактичної ЖЄЛ над значеннями належної ЖЄЛ (НЖЄЛ). У марафонців та бігунів на довгі дистанції таке перевищення досягає 15-25%.

Співвідношення форсованої ЖЄЛ і ЖЄЛ у спортсменів часто досягає високих величин (80-85%) Це зумовлене тим, що, незважаючи на укорочення тривалості дихального циклу при м'язовій роботі, дихальний обсяг повинний бути збільшений у 4—6 разів у порівнянні з даними спокою.

У спортсменів в умовах спокою *легенева вентиляція* (ХОД) або відповідає нормальним стандартам (5—12 л/хв), або трохи перевершує їхній рівень (18 л/хв і більш). Важливо відзначити, що легенева вентиляція збільшується за рахунок поглиблення вдиху (50-55% ЖЄЛ), а не за рахунок частоти дихання, яка в стані спокою нижча, ніж у нетренованих. При максимальній м'язовій роботі легенева вентиляція може досягати значних величин: описаний випадок, коли вона дорівнювала 220 л/хв (Новакки).

Дихальний об'єм у спортсменів дуже часто виявляється збільшеним, може досягати 1000—1300 мл. Під час фізичних навантажень у спортсменів з фіксованою частотою дихання (наприклад, у веслярів) дихальний об'єм може досягати колосальних величин — 4,5-5,5 л. При фізичному навантаженні частота дихання збільшується пропорційно до її потужності, досягаючи 50-70 циклів у хвилину.

Фізичні навантаження виступають одним із найбільш адекватних стимуляторів дихання. В активації дихання під час виконання фізичних вправ очевидно, беруть участь нервова та гуморальна системи регуляції. Вклад їх неоднаковий на початку і в кінці вправи, а також, очевидно, залежить від її потужності. На початку вправи помірної потужності відбувається різке зростання легеневої вентиляції, яке надалі змінюється повільнішим зростанням, яке триває протягом кількох хвилин до досягнення нового стійкого стану. На думку Деджурса із співавт. (Dejours et al, 1963-1967), початкове посилення дихання зумовлене нервовими чинниками, оскільки виникає ще до моменту можливого надходження гуморальних регуляторів із працюючих м'язів. Фаза повільних змін може зумовлюватись зростанням надходження гуморальних чинників до певних органів-мішеней. Ця фаза називається гуморальною фазою регуляції дихання.

Високі можливості системи зовнішнього дихання спортсменів забезпечуються такими змінами:

- більшими на 10-20% легеневими об’ємами, зокрема ЖЕЛ (до 9 л), наслідком чого є більший дихальний об’єм при тій же ЧД;
- значною витривалістю дихального апарату (80% від максимуму – 11 хв., а нетреновані – лише 3 хв.);
- більша витривалість і сила дихальних м’язів;
- підвищена еластичність легень і грудної клітки;
- знижений опір повітроносних шляхів;
- підвищенням ефективності легеневої вентиляції;
- збільшенням дифузійної здатності легень.

Підвищена здатність транспортувати кисень системою крові обумовлена переважно такими змінами:

- зростання об’єму циркулюючої крові (до 20%), що забезпечує вищий центральний об’єм крові, збільшення систолічного об’єму;
- концентрація еритроцитів і гемоглобіну практично не змінюється, але у зв’язку із збільшенням об’єму циркулюючої крові загальний вміст їх зростає (у нетренованих чоловіків гемоглобіну – 10-12 г/кг, а у стаєрів – 13-16 г/кг);
- менший вміст лактату, обумовлений такими факторами – м’язи спортсменів продукують менше молочної кислоти, пришвидшене впрацьовування кисневотрнспортної системи, посилена утилізація молочної кислоти у працюючих м’язах, знижена концентрація внаслідок більшого об’єму циркулюючої крові.

Класифікація резервів організму

Фізіологічний резерв організму або його системи чи органу може бути кількісно охарактеризований як різниця між максимально можливим рівнем їх функціонування і рівнем функціонування в умовах відносного спокою.

Резерви організму полягають у зміні інтенсивності і швидкості проходження енергетичних і пластичних процесів, у підвищенні фізичних і

психічних якостей, у послідовній мобілізації резервів різних ешелонів, у здатності до появи нових і вдосконалення старих рухових навиків.

Функціональні резерви організму включають

- біохімічні,
- фізіологічні,
- спортивно-технічні
- *психічні (психологічні)* резерви.

Вони формують складну ієрархічну систему, у якій фундаментом виступають біохімічні, а вершиною – психологічні резерви. Система біохімічних резервів забезпечує фундаментальні процеси біоенергетики і гомеостазу, спрямовані на підтримання функціонування системи фізіологічних резервів. У той же час система фізіологічних резервів нейрогуморальним шляхом регулює рівень функціонування системи біохімічних резервів. *Фізіологічні* резерви є стрижнем цієї системи, оскільки всі решта резерви проявляються і розгортаються саме на рівні функціонування фізіологічних систем. При цьому система психічних і спортивно-технічних резервів функціонує на основі фізіологічних резервів, оскільки вони з одного боку базуються на діяльності нервової системи, а з іншого – розвиваються і формуються на основі соціальної мотивації.

Фізіологічні резерви можна розглядати як за *функціональними системами* (система організації рухів і система підтримання гомеостазу), так і за резервами *окремих органів* (серце, легені) *чи систем органів*. Фізіологічні резерви можна класифікувати на:

- резерви розвитку фізичних якостей (сили, швидкості і ін);
- резерви, що включаються при роботі різної потужності (макс., субмакс. і ін.);
- резерви по черговості включення (ешелони).

Резерви *першого ешелону* включаються під час повсякденної діяльності під впливом системи умовних і безумовних рефлексів. Резерви *другого ешелону* включаються під час тренувань і змагальної діяльності, під впливом

тих самих стимулів, до яких додається емоційна стимуляція. Резерви *третього ешелону* задіяні лише у екстремальних ситуаціях, і запускаються безумовними рефлексами і гуморальними механізмами, що включаються тільки при боротьбі за життя.

Система фізіологічних резервів може бути розділена на кілька блоків:

- блок сенсорних систем;
- блок організації рухової діяльності;
- блок регуляції гомеостазу;
- блок реалізації рухів.

Аналіз діапазону функціональних резервів організму здійснюється методом *функціональних проб* – інтенсивних короткотривалих і чітко дозованих навантажень.

ЛІТЕРАТУРА.

Основна:

1. Безруких М.М. Возрастная физиология (физиология развития ребенка) / М.М.Безруких, В.Д.Сонькин, Д.А. Фарбер – М.: Академия, 2002. – 350 с.
2. Вілмор Дж.Х. Фізіологія спорту / Дж.Х. Вілмор, Д.Л. Костіл – К.: Олімпійська література, 2003. – 655 с.
3. Вовканич Л.С. Фізіологічні основи фізичного виховання і спорту: навч. посібник для перепідготовки спеціалістів ОКР "бакалавр" / Л.С. Вовканич, Д.І. Бергтраум– Л.: ЛДУФК, 2013. – Ч. 2. – 196 с.
4. Волков Н.И. Биохимия мышечной деятельности / Н.И. Волков и др. – К.: Олимпийская л-ра, 2000. – 504 с.
5. Романенко В.А. Диагностика двигательных способностей / В.А. Романенко – Донецк, ДОННУ, 2005. – 290 с.
6. Солодков А.С. Физиология человека (Общая. Спортивная. Возрастная) / А.С.Солодков, Е.Б.Сологуб – М.: Терра-спорт, 2001. – 520 с.
7. Спортивная физиология / Под ред. Я.М. Коца. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 240 с.
8. Уилмор Дж.Х. Физиология спорта / Дж.Х. Уилмор, Д.Л.Костилл. – К: Олимп. л-ра, 2001. – 504 с.
9. Физиология человека / Под ред.Н.В. Зимкина. – М.: Физкультура и спорт, 1976. – 496 с.
10. Яремко Є. О. Фізіологія фізичного виховання і спорту : навч. посіб. для практ. занять / Є. О. Яремко, Л. С. Вовканич - Львів : ЛДУФК, 2014. - 192 с.
11. Яремко Є.О. Спортивна фізіологія / Є.О. Яремко – Львів, "Сполом", 2006. – 159 с.