

## ЛЕКЦІЯ № 3

### ФІЗІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВТОМИ

#### План

1. Сучасне уявлення про втому.
2. Теорії втоми. Фази втоми. Біологічне значення втоми.
3. Роль змін функціонального стану ЦНС в розвитку втоми.
4. Роль змін функціонального стану нервово-м'язового апарату в розвитку втоми.
5. Роль змін показників вегетативних функцій в розвитку втоми.
6. Особливості розвитку втоми при напруженій м'язовій роботі різного характеру і потужності.

**Навчальні та виховні цілі:** дати студентам уявлення про теорії, механізми та фази розвитку втоми, описати зміни у функціонуванні різноманітних фізіологічних систем організму при втомі, описати ознаки розвитку втоми, охарактеризувати особливості розвитку втоми при роботі різного характеру і потужності.

**Матеріальне забезпечення:** мультимедійна презентація.

#### 1. СУЧАСНЕ УЯВЛЕННЯ ПРО ВТОМУ

В загальному розумінні **втома** визначається як сукупність змін у фізичному і психічному стані людини і тварини, що розвивається в результаті діяльності та приводить до тимчасового зниження її ефективності. Суб'єктивне відчуття втоми називається **втомленістю**.

Втома - це теоретична і практична проблема фізіології при трудовій, спортивній, підводній, високогірній, космічній діяльності, так як вони пов'язані з питаннями фізичної працездатності, максимального використання резервних можливостей організму людини.

Висвітленню різних сторін проблеми втоми відведено значне місце в роботах таких вчених: І.М. Сеченова, І.П. Павлова, Л.О. Ухтомського, А.А. Орбелі, Г.В. Фольборта та їх учнів. Основні сучасні положення і великий фактичний матеріал з проблеми втоми викладений в монографіях, оглядових статтях зарубіжних та вітчизняних дослідників.

І.М.Сеченов обґрунтував нервову природу втоми і намітив шляхи подальших досліджень цієї проблеми. Він прийшов до висновку, що "джерело відчуття втоми поміщають звичайно в працюючі м'язи, я ж поміщаю його ... виключно в ЦНС". Ці висновки І.М. Сеченова були неправильно сприйняті і зрозумілі рядом фізіологів і біохіміків. Причини втоми шукали виключно тільки в ЦНС, відкинувши значення

периферичних механізмів втоми.

Г.Фольборг, спираючись на основні положення і методи І. Павлова, довів, що в різних органах при інтенсивній або тривалій діяльності наступають зміни, які в основному характеризуються послабленням функцій органу, зниженням його ефективної роботи.

М. Яковлев вважає, що втома - це стан організму, що виникає внаслідок напруженої або тривалої діяльності. Вона характеризується зниженням працездатності і суб'єктивно сприймається людиною як відчуття місцевої або загальної втоми. Втома, відзначав М. Яковлев, це цілісна реакція організму, що розвивається при ведучій і інтегруючій ролі ЦНС.

## **2. ТЕОРІЇ ВТОМИ. ФАЗИ ВТОМИ. БІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ВТОМИ**

В питанні про фізіолого-біохімічні механізми м'язової втоми було запропоновано багато різних теорій. Причини втоми можуть бути як центральні, так і периферичні. В одних теоріях пов'язували причини виникнення втоми тільки з діяльністю нервової системи, зокрема кори великих півкуль - це так звані центрально нервові теорії (І. Сеченов). В інших теоріях, причини виникнення втоми безпосередньо локалізувались в працюючих м'язах:

1. Теорія "виснаження" енергетичних субстратів;
2. Теорія "забруднення" м'язів при неповному окисленні енергетичних субстратів;
3. Теорія "отруєння" в результаті накопичення "кетонотоксинів" (т.з. м'язових ядів) в м'язах при фізичній роботі;
4. Теорія гіпоксична ("удушення") в результаті наростання нестачі кисню в працюючих м'язах.

На сьогодні одержані експериментальні дані не дають підстав для локалізації причин втоми в будь-якому одному органі або системі органів, в т.ч. і нервовій системі. В багатоланковій же системі, що забезпечує продуктивність м'язової роботи, зниження працездатності може бути викликано недостатньою роботою не тільки нервової системи, але і різних інших робочих ланок: скелетних м'язів, органів дихання, серця, залоз внутрішньої секреції та інших.

Згідно сучасним уявленням про м'язову втому, вона пов'язана: по-перше, з

наявністю "багатосистемних" змін показників функцій, тобто змін не в якомусь конкретному органі чи системі органів, а в багатьох із них, по-друге, з різним співвідношенням діяльності органів, погіршення показників функцій яких спостерігається при виконанні тієї чи іншої фізичної роботи.

В процесі напруженої м'язової діяльності втома може бути до певної міри подолана за рахунок активації нервових і гуморальних механізмів, що забезпечують донесення кисню і поживних речовин до працюючих органів.

Ще в 1935 році Е.Сіменсон виділив період подолання втоми. В подальшому стали розрізняти два періоди (фази) в складному процесі розвитку втоми при напруженій м'язовій діяльності: **перший - скритий (доланий) або компенсована втома і другий - явно виражений або некомпенсований, або період прогресуючого зниження працездатності.**

На сьогодні накопичилась значне число наукових даних, щоб позначити перший період (фазу), **період передвтоми**, терміном "**компенсуєма втома**" (але не компенсована), підкреслюючи цим, що повної компенсації діяльності функціональних елементів, що знижуються в цей період немає, а компенсаторні механізми активно і ефективно функціонують лише якийсь нетривалий час, після якого працездатність знижується, втома стає явною.

### **3. РОЛЬ ЗМІН ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЦНС**

#### **В РОЗВИТКУ ВТОМИ**

При виконанні будь-якої справи проходять функціональні зміни в стані нервових центрів, що керують м'язовою діяльністю і регулюють її вегетативне забезпечення. При цьому найбільш "чутливими" до втоми є коркові нервові центри. Проявами центрально нервової втоми являється порушення в координації функцій (зокрема рухів), виникнення відчуття втоми.

Механізми центрально нервової втоми залишаються ще далеко не виясненими. Згідно теорії І. Павлова, втома нервових клітин є проявом позамежного, охоронного гальмування, що виникає внаслідок їх інтенсивної (тривалої) активності.

Отже, дуже важлива роль при втомі належить процесам, що проходять в ЦНС. Діяльність ЦНС, як і інших систем організму, може погіршуватись як первинно, так і вторинно. При розумовій роботі, при важких для спортсмена ситуаціях, при боязні суперника і в деяких інших ситуаціях зміни в діяльності нервової системи являються

первинними факторами, що викликають втому. Вторинно діяльність нервової системи пригнічується при збільшенні в крові вмісту недоокислених метаболітів при обміні речовин, виникненні гіпоксії, гіпоксемії, зміни концентрації гормонів в крові і т.д. В результаті погіршується програмування і координація рухових і вегетативних функцій, що приводить до зниження продуктивності роботи спортсмена і виникнення відчуття втоми.

Кожна клітина, кожний орган володіє здатністю до певної міри протистояти втомі. Але особлива роль в цьому відношенні належить нервовій системі, яка, програмуючи і координуючи всі рухові і вегетативні функції, може змінювати форми координації, замінюючи в роботі клітини і органи, що втомились, не втомленими або менш втомленими, підвищувати ступінь мобілізації ресурсів в працюючих органах і тканинах і т.д. Внаслідок чого значно віддаляється момент виникнення втоми і зниження працездатності.

#### **4. РОЛЬ ЗМІН ПОКАЗНИКІВ ВЕГЕТАТИВНИХ ФУНКЦІЙ В РОЗВИТКУ ВТОМИ.**

Втома може бути зв'язана зі змінами в самому виконавчому апараті - працюючих м'язах. При цьому м'язова (периферична) втома являється результатом змін, що виникають або в самому скоротливому апараті м'язових волокон, або в нервово-м'язових синапсах, або в системі електромеханічного зв'язку м'язових волокон. При будь-якій із цих локалізацій м'язова втома проявляється зниженням скоротливої здатності м'язів.

Ще в минулому столітті були сформульовані три основні механізми (теорії) м'язової втоми, це - виснаження енергетичних ресурсів, забруднення, отруєння, гіпоксичний. На сьогодні в'яснено, що роль цих механізмів в розвитку втоми неоднакова при виконанні вправ різної потужності та різного характеру.

Втома може бути пов'язана зі змінами в діяльності вегетативної нервової системи і залоз внутрішньої секреції. Роль залоз внутрішньої секреції (гормонів) особливо велика при довготривалому виконанні фізичних вправ. Зміни в діяльності ендокринної системи можуть привести до порушення регуляції вегетативних функцій, енергетичного забезпечення м'язової діяльності і т.д.

## 5. ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ВТОМИ ПРИ НАПРУЖЕНІЙ М'ЯЗОВІЙ РОБОТІ РІЗНОГО ХАРАКТЕРУ І ПОТУЖНОСТІ

Причиною розвитку втоми можуть бути зміни в діяльності систем вегетативного забезпечення, **перш за все дихальної і серцево - судинної систем.** Головні наслідки таких змін - зниження киснево - транспортних можливостей організму працюючої людини.

Втома при напруженій м'язовій діяльності - це складний процес, що зачіпає всі рівні функціонування організму (починаючи від молекулярного, субклітинного, клітинного, органного, системного і до рівня реакцій цілісного організму), тому поява зовнішніх ознак зниження працездатності буде залежати від кількості і маси найбільш активно функціонуючих елементів, від інтенсивності і тривалості навантаження.

Отже, для різних фізичних вправ характерна специфічна комбінація ведучих систем (локалізація втоми) і механізмів, що викликають втому.

При виконанні **вправ максимальної анаеробної потужності** найбільш важливу роль в розвитку втоми відіграють процеси, що проходять в ЦНС і в нервово-м'язовому апараті. Під час виконання цих вправ вищі рухові нервові центри повинні активувати максимально можливе число спинальних мотонейронів працюючих м'язів і забезпечити максимально можливу високочастотну імпульсацію. Така інтенсивна "рухова команда" може підтримуватись лише на протязі декількох секунд. Особливо швидко знижується частота імпульсів і відбувається виключення швидких мотонейронів. Дуже швидко використовуються фосфагени в працюючих м'язах, особливо креатин фосфат, так що одним із ведучих механізмів втоми при виконанні таких вправ є виснаження фосфагенів. Анаеробне окислення розвивається повільно, тому за декілька секунд роботи концентрація лактату в м'язах, що скорочуються, зростає незначно. Системи вегетативного забезпечення в силу їх інертності не відіграють вирішальної ролі в виконанні таких вправ і відповідно як причина розвитку втоми.

При виконанні **анаеробної роботи субмаксимальної потужності** ресинтез фосфагенів здійснюється досить швидко і тому в кінці роботи не виявлено помітного їх зменшення. Головна причина втоми при виконанні таких вправ пов'язана з інтенсивним гліколізом, накопиченням лактату в м'язах і крові та зумовлене ним зниженням рН в м'язових клітинах (міозитах) і крові. Ці обидва фактори приводять до зменшення швидкості глікогенолізу в м'язах і здійснюють негативний вплив на діяльність ЦНС.

При анаеробній роботі субмаксимальної потужності додатковим фактором, що лімітує працездатність, служать функціональні можливості киснево-транспортної системи.

Вправи **аеробного характеру субмаксимальної потужності** здійснюють велике навантаження на серцево-судинну систему. Енергозабезпечення працюючих м'язів при виконанні таких вправ забезпечується за рахунок аеробного окислення глікогену м'язів і глюкози крові. Головним механізмом розвитку втоми при виконанні таких вправ служить **виснаження запасів глікогену в працюючих м'язах і печінці**. Певну роль в розвитку втоми відіграє необхідність підтримання певної температури тіла по мірі виконання роботи (робоча гіпертермія).

Вправи **аеробного характеру малої потужності** в значній мірі характеризуються тією ж локалізацією і механізмами розвитку втоми, як і вправи аеробного характеру середньої потужності. Відмінність полягає лише в більш повільному наступі описаних процесів і в більшому використанні жирів, а недоокисленні продукти обміну, які можуть поступати в кров, будуть важливим фактором розвитку втоми.

При **ациклічних видах фізичних вправ** відмічаються різні форми втоми. У всіх спортивних іграх в результаті необхідності постійного нового програмування гравцями своїх дій при вирішенні складних рухових завдань спостерігається **втома вищих відділів ЦНС**. Це приводить до зниження швидкості і координації рухів і погіршення функціонування деяких аналізаторів. В таких видах спорту як хокей, футбол суттєву роль відіграє (як і при циклічних вправах субмаксимальної потужності) **недостатнє забезпечення киснем і накопичення кисневого боргу**.

При гімнастичних і важкоатлетичних вправах втома відбивається, перш за все, на функціональному стані м'язів. Знижується їх збудливість, зменшується сила, змінюється твердість, в'язкість, скоротливість та розслаблення м'язів.

При статичних зусиллях із значним напруженням однією з причин виникнення втоми є зниження сили внаслідок виключення діяльності деяких найменш стійких м'язових волокон.

## Рекомендована література

### Основна

1. Вілмор Дж.Х., Костіл Д.Л. Фізіологія спорту. - К.: Олімпійська література, 2003. - 655 с.
2. Методичний посібник до лабораторних занять з фізіології. / за ред. Є.О. Яремка.

Л.: 1990. - 143 с.

3. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека (Общая. Спортивная. Возрастная). - М.: Терра-спорт, 2001. - 520 с.
4. Спортивная физиология./ Под ред. Я.М. Коца., - М.: Физкультура и спорт, 1986.- 240 с.
5. Физиология человека. / Под ред. Н.В. Зимкина, - М.: Физкультура и спорт, 1976.- 496 с.
6. Физиология человека. / Под ред. В.В. Васильевой, - М.: Физкультура и спорт, 1984.- 319 с.
7. Фізіологія людини. / За ред. В.І.Філімонова, - К.: Здоров'я, 1994. - 607 с.
8. Яремко Є.О. Спортивна фізіологія. - Львів, Сполом, 2006.- 159 с.
9. Яремко Є.О. Фізіологія спорту та фізичних вправ. - Львів, ЛП, 2010. - 180 с.

#### **Додаткова**

1. Моногаров В.Д. Утомление в спорте. – К.: Здоров'я, 1986. - 118с.
2. Фомин Н.А., Вавилов Ю.Н. Физиологические основы двигательной активности. М.: Ф и С. 1991. – 224 с.
3. Коробов В.Н., Голубий Е.М. Роль гемоглобина в адаптации мышечной системы к физическим нагрузкам и гипоксии //Успехи соврем. биологии, 1993. - Т. 113. - Вып.1. - С.60-70.
4. Клинский М.И., Рогозкин В.А. Биохимия мышечной деятельности. – К.: Здоров'я, 1985. – 144 с.
5. Голубій Є.М. Фізіологічні основи фізичної культури та спорту. Методичні вказівки для студентів інститутів фізкультури.- Львів: Академічний Експрес, 1998.- 40 с.