ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

Кафедра олімпійського, професійного та адаптивного спорту

Передерій А.В.

АДАПТАЦІЯ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ

Лекція з навчальної дисципліни

„Теорія і методика спорту вищих досягнень”

“ЗАТВЕРДЖЕНО”
на засіданні кафедри теорії спорту
„27” серпня 2015 р. протокол № 1
Зав.каф _____ Ю.Бріскін

Адаптація опорно-рухового апарату та функціональних систем.

ПЛАН

1. Структурно-функціональні особливості рухових одиниць м’язів.
2. Спортивна спеціалізація і структура м’язових тканин.
3. Зміни у м’язових волокнах під впливом навантажень різної спрямованності.

1. Структурно-функціональні особливості рухових одиниць м’язів.

Головна функція м’язів – скорочення. В процесі спортивної діяльності скорочення м’язів може бути різної тривалості, швидкості, потужності. В структурі м’язів розрізняють волокна двох типів: повільно скорочувальні (ПС) та швидко скорочувальні (ШС). Ці типи волокон являють собою різні відносно самостійні функціональні одиниці, що відрізняються морфологічними, біохімічними та скорочувальними властивостями. Так, повільні волокна мають низьку швидкість скорочування, велику кількість митохондрій (енергетичних депо), високу активність оксидативних процесів, високий рівень васкуляризації (капіляризація), багато глікогену. Швидкі волокна мають меншу кількість капілярів, менше митохондрій, високу гліколітичну здатність, високу швидкість скорочення.

В одному м’язі існують і повільні і швидкі волокна. Швидкі волокна мають фермент АТФ-азу, що потужно рощеплює АТФ з великою кількістю енергії, що, в свою чергу, забезпечує високу швидкість скорочення. Ферментативна активність є важливим чинником швидкості скорочення.

В повільних волокнах активність АТФ-ази низька, в зв’язку із чим, енергоутворення здійснюється повільно. В повільних волокнах активні ферменти, що рощеплюють цукор, жири, що зумовлює відмінність між цими типами волокон.

Розрізняють дві підгрупи швидко скорочувальних волокон: *а* та *б* тип. ШС волокна *а* типу – оксидативно-гліколітичні (FG). Ці волокна швидко скорочуються та мають здатність протистояти втомі. ШС волокна *б* типу – класичниц тип швидко скорочувального волокна (FF – швидко скорочувальний втомлюємий тип рухової одиниці). Їх робота пов'язана з використанням анаеробних джерел. (Є дані про їснування ШС волокон *в* типу, що має середні властивості та кращу здатність до перетворення залежно від переважної спрямованості діяльності.)

Кожен тип м'язового волокна добре ідентифікується під мікроскопом (**біопсія**).

М'язеві волокна об'єднуються в рухові одиниці –

- група м'язевих волокон
- 1 мотонейрон.

Рухова одиниця – це група м'язевих волокон, що інервуються одним мотонейроном. Кожна рухова одиниця складається з м'язевих волокон одного типу.

Побудова та функції мотонейронів відповідають побудові та функціям м'язевої тканини. Мотонейрон повільно скорочувальних волокон об'єднує 10-180 м'язевих волокон, має малі розміри. Мотонейрон швидко скорочувальних волокон об'єднує 300-800 волокон, має велике тіло та велику кількість нервових закінчень. Час, необхідний для максимального напруження швидко скорочувальних волокон 0,3-0,5 секунд. Повільно скорочувальні волокна розвивають максимальне напруження за 0,8-1,0 секунду.

Відмість функціональних показників рухових одиниць зумовлена ферментативною активністю. Так, в повільно скорочувальних волокнах вдвічі вища активність аеробних процесів, в той час, як в швидко скорочувальних волокнах активність анаеробних процесів вдвічі первищує цей рівень в іншому типі волокна.

Співвідношення волокон різних типів в м’язах людини генетично детерміновано. В середньому кількість ПС волокон складає 55%, ШВ волокон – 45%. Серед ШС волокон більшу кількість складають ШС волокна ШС *а* типу (30-35%), меншу – ШС волокна ШС *б* типу (10-15%). Є гіпотеза, що природньо закладено значно більше швидко скорочувальних волокон, але процес генотипової та фенотипової адаптації призвів до переважання повільних волокон. За результатами чесельних досліджень встановлено, що в чоловіків частіше спостерігається перевага в будь-якому типі волокна.

При розгліді адаптації м’язів в процесі тренування слід враховувати особливості розподілу різних типів волокон в одному м’язі та в різних м’язах.

Спеціальні дослідження довели, що в одному м’язі зміни в змісті різних типів волокон відсутні або незначні. Невеликі зміни (до 5-10%) можуть спостерігатися в порівнянні результатів проб в центральній та периферічних частинах м’язів – в центральній частині більше повільно скорочувальних волокон.

В однієї людини спостерігається відносна однорідність структури різних м’язів. Але, поряд зі структурною подібністю окремих м’язів індивіда можуть спостерігатися і суттєві відмінності, що викликані функціями, що виконую м’яз. Так, наприклад, в чотирьохголовому, дельтоподібному та двохголовому м’язах однакове співвідношення ПС та ШС волокон, в той час, як в литковому м’язі збільшена кількість повільно скорочувальних волокон.

Спеціальне тренування призводить до збільшення усіх типів волокон, особливо швидкоскорочувальних волокон *б* типу, які в звичайному житті малоактивні.

Таблиця 1.

УЗАГАЛЬНЕНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РІЗНИХ ТИПІВ М'ЯЗЕВИХ ВОЛОКОН

Тип м'язового волокна	Швидкісні можливості	Силові можливості	Прояв витривалості
ПС	низькі	низькі	високі
ШС *а*	високі	високі	середні
ШС *б*	високі	високі	низькі

2. Спортивна спеціалізація і структура м'язових тканин.

В спортсменів високого класу спостерігається різне співвідношення м'язових волокон в м'язах, що несуть основне навантаження в певному виді спорту. В спринтерів високий відсоток ШС волокон, в лижників, бігунів на довгі дистанції – перевага ПС волокон. В бігунів на середні дистанції спостерігається рівномірне співвідношення волокон різних типів.

У видатних спортсменів спостерігається не просто переважання, а значне переважання відповідного типу волокна. За даними Д.Каунсілмена (1980) у відомого плавця-стаєра співвідношення швидко та повільно скорочувальних волокон складає 9 та 91 % відповідно. Серед легкоатлетів відмічені випадки , коли кількість ШС волокон в литкових м'язах бігунів-спринтерів досягало 92%, а в бігунів-стаєрів ці м'язи на 92-99% складалися з ПС волокон (Уілмор, Костілл, 2001).

В спортсменів, які показують високі результати у видах спорту з проявом витривалості, відмічається достатньо високий відсоток ШС волокон *а* типу та незначний відсоток ШС волокон *б* типу в м'язах, що несуть основне навантаження в тренувальній та змагальній діяльності. В той же час, в м'язах, що не несуть навантаженння в цьому виді спорту, відмічається нормальний вміст ШС волокон *б* типу. Наприклад, в литкових м'язах бігуна-стаєра 67,1% ПС волокон, 28,0% ШС волокон *а*

типу та 1,9% ШС волокон *б* типу. В дельтоподібному м'язі 68% ПС волокон, 14% ШС волокон *а* типу та 17% ШС волокон *б* типу. Це є достатньо вагомим доказом для передбачення, що зникнення ШС волокон *б* типу частина адаптаційної реакції організму на тренування на витривалість.

Тісний кореляційний зв'язок (r=0,73) виявлений між швидкістю бігу та кількістю ШС волокон. Збільшення довжини дистанції пов'язане зі зниженням рівня кореляційних зв'язків. При збільшенні довжини дистанції понад 2000 м зв'язок між цими показниками негативний. Тобто наявність швидко скорочувальних волокон негативно позначається на результаті.

Функціонально волокна різних типів забезпечують наступні види роботи:

ШС *б* типу – спринт, швидкісно-силова робота (біг 100м, біг на ковзанах 500м, легкоатлетичні стрибки тощо).

ШС *а* типу – біг 400-800 м, плавання 100-200м.

ПС – стаєрські дистанції в різних видах спорту.

Структура м'язового волокна залежить від кваліфікації спортсменів. Так, наприклад, у важкоатлетів різної кваліфікації різний відсоток швидко скорочувальних волокон: в спортсменів низької кваліфікації – 45-55%, а спортсменів вищої кваліфіакації – 60-70%.

3. Зміни у м'язових волокнах під впливом навантажень різної спрямованності. Посилення активності м'язів пов'язано з включенням в роботу необхідного обсягу рухових одиниць та посиленням стимуляції вже працюючих. Кожен тип волокон тренується специфічним навантаженням і навпаки, специфічне навантаження викликає зміни в певному типі волокна.

В теперішній час загальновизнаною теорія послідовного включення рухових одиниць. Згідно з цією теорією, спочатку в роботу включаються

малі мотонейрони та відповідні рухові одиниці. Зі збільшенням інтенсивності роботи в роботу включаються рухові одиниці більшого розміру. При збільшенні напруження в роботу включається менша кількість рухових одиниць. При граничних чи білягранічних напруженнях активізація м'язів не послідовна, а майже одночасна.

Підключення м'язевих волокон до роботи залежить від сили стимумуляції мотонейроном. Мінімальна величина стимуляції, при якій волокно скорочується максимально, називають **порогом збудження.** Мінімальний поріг збудження мають ПС волокна (10-15 Гц). В ШС волокон поріг збудження в 2 рази вищий. Усі типи волокон включаються в роботу при високій частоті подразнення – 45-55 Гц. Це потрібно враховувати при побудові методики силової підготовки.

Головним чинником, що визначає кількість і тип волокна, що включається в роботу є **величина опору**. Мозок регулює діяльність м'язів незалежно від швидкості, а залежно від сили, що необхідно розвинути.

Таким чином, першими включаються в роботу повільно скорочувальні волокна, які є малими за розмірами. Якщо їх недостатньо для розвитку необхідного зусилля, мозок дає сигнал та підключаються волокна інших типів. Послідовність рекретування (залучення) волокон різних типів наступна: ПС – ШС *а* типу – ШС *б* типу.

При роботі з високою інтенсивністю (90%) основне навантаження виконують ШС *б* типу. Вважається, що ПС та ШС *а* типу максимально включаються в роботу при інтенсивності до 80-85%. Для максимальної активізації ШС *б* типу необхідна більша інтенсивність. Однак, навіть при максимальній інтенсивності в роботу включаються не усі волокна: в нетренованих людей – не більше 55-65 %, в висококваліфікованих спортсменів силових видів спорту – в роботу можуть включатися 80-90% рухових одиниць. Слід також відзначити, що активація ШС волокон відбувається не тільки при виконанні роботи з високою інтенсивністю, але

і при роботі з відносно невеликою інтенсивністю, коли вичерпуються запаси глікогена в ПС волокнах.

Тривале навантаження в разі ефективної адаптації пов'язане з перемінним включенням в роботу різних м'язових одиниць за умови, що характер роботи допускає таку компенсацію. При зниженні можливостей м'язів, підтримання працездатності пов'язане із посиленням нервової імпульсації. Тобто, не менш важливою є адаптація ЦНС до мобілізації рухових одиниць.

В наукових джерелах наголошується на дискусійності питання про перетворення (конверсію) типу м'язового волокна. Але доведено, що волокно міняє свої морфологічні, фізіологічні та біохімічні властивості під впливом інтенсивного та тривалого спеціалізованого тренування. При спеціалізованому тренуванні на витривалість послідовність зміни типу волокна виглядає наступним чином: ШС *б* типу – ШС *а* типу – ПС. При спеціазізованому тренуванні силового характеру послідовність адаптації наступна: ПС – ШС *а* типу – ШС *б* типу.

Основний шлях адаптації м'язового волокна до фізичних навантажень – **гіпертрофія**. Адаптація повільно скорочувальних волокон полягає в збільшенні розмірів міофібрил, збільшенні щільності митохондрій. Це призводить до збільшення питомої ваги цих волокон в м'язах і, як наслідок, збільшення витривалості та зменшення швидкісниз здібностей м'язового волокна. При тренуванні на витривалість оксидативний потенціал (здатність до утилізації кисню) збільшується в 2-4 рази. Цей процес забезпечується за рахунок двох механізмів: 1) збільшення кількості капілярів та, у разі вичерпання першого механізму 2) зменшення розмірів м'язового волокна.

Розміри та обсяг швидкоскорочувальних волокон збільшується при тренуванні швидкісного та швидкісно-силового характеру, в результаті чого збільшується їх відсоткове співвідношення в площині поперечного перетину м'язів. Одночасно підвищується гліколітична здатність м'язів.

Таким чином, гіпертрофія призводить до збільшення питомої ваги м’язевих волокон певного типу. Адаптація полягає в тому, що один тип волокна гіпертрофується, а інший – атрофується. (Наприклад, в кваліфікованого велосипедиста м’язи, що беруть участь в педалюванні на 70% складаються з ПС волокон, які займають 90% перетину м’язу).

Дискусійним є питання про те, що силове тренування з великим навантаженням та невеликою кількістю повторень призводить до **гіперплазії –** збільшення кількості м’язевих волокон. Як адаптаційні зміни слід також розглядати зміни в інервації м’язового волокна – збільшення сили та швидкості передачі імпульсів. Адаптаційні зміни пов’язані також з кількість рухових одиниць, що одночасно працюють при м’язовому скороченні (до 90%). Трансформація типу м’язового волокна надзвичайно важливе питання для спортивної практики.

Таблиця 2.

ВМІСТ РІЗНИХ ТИПІВ ВОЛОКОН В М’ЯЗАХ НИЖНІХ КІНЦІВОК ЛЮДИНИ (%)

	ПС	ШС *а* типу	ШС *б* типу
Нетренована людина	**55**	**35**	**10**
Бігун-марафонець	**80**	**14**	**5**
Бігун-спринтер	**23**	**48**	**28**

ДОДАТОК

Таблиця 3.

МОРФОЛОГІЧНА, МЕТАБОЛІЧНА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА М'ЯЗОВИХ ВОЛОКОН

Характеристика	**Тип волокон**		
	ПС	**ШСа**	**ШСб**
Включення в роботу	Малої інтенсивності, на витривалість	Великої інтенсивності, короткочасну	
К-ть волокон на мотонейроні	10-180	300-800	300-800
Поріг збудження мотонейронів	Низький	Високий	Високий
Розміри рухового нейрону	Малі	Великі	Великі
Розміри та к-ть міофібріл	Малі	Великі	Великі
Капілярна сітка	Велика	Середня	Мала
Наявність митохондрій	Багато	Багато	Мало
Запаси міоглобіну	Великі	Середні	Малі
Запаси глікогену	Великі	Великі	Великі
Активність ферментів: - АТФ-ази міозина	Низька	Висока	Висока
- митохондрій	Висока	Висока	Низька
- гліколіза	Низька	Висока	Висока
Швидкість скорочення	Мала (110мс)	Велика (50мс)	Велика (50мс)
Розвиток сили	Низький	Високий	Помірний
Втомлюємість	Слабка	Сильна	Сильна
Витривалість	Висока	Низька	Низька
Здатність накопичувати кисневий борг	Практично відсутня	Висока	Висока
Вміст різних типів волокон в м'язах нижніх кінцівок людини, % нетренованої	55	35	10
марафонця	80	14	5
спринтера	23	48	28