

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

Кафедра біохімії та гігієни

Трач В.М.

Сибіль М.Г.

Гложик І.З.

Біохімія м'язів та м'язового скорочення

Лекція з навчальної дисципліни

“Біохімічні основи рухової активності”

для студентів III курсу

спеціальності 024 хореографія

“ЗАТВЕРДЖЕНО”

на засіданні кафедри

біохімії та гігієни

„31” серпня 2018 р. протокол № 1

Зав.каф ____д.б.н. Борецький Ю.Р.

Тема: біохімія м'язів і м'язового скорочення.

План.

1. Типи м'язів і м'язових волокон.
2. Ультраструктурна організація м'язових волокон.
3. Хімічний склад м'язової тканини.
4. Структурні і біохімічні зміни в м'язах при скороченні і розслабленні.
Молекулярний механізм м'язового скорочення.

В організмі дорослого чоловіка м'язи становлять 40% від загальної маси тіла, у людей похилого віку – 30%. У жінок вміст м'язів менший, у спортсменів-силовиків – 55%, у культуристів – 60-70%.

М'язи завдяки скоротливій функції забезпечують процеси руху. За властивостями вони характеризуються еластичністю, пластичністю і скоротливістю. При скороченні використовується енергія АТФ (хімічна), котру вони перетворюють в кінетичну енергію (механічну). Прояв сили і швидкості різних рухів залежить від морфологічної будови м'язів, особливостей протікання біохімічних процесів в них, регуляторного впливу нервової системи.

Структурна організація м'язів.

Типи м'язів.

Є три типи м'язів: **скелетні, серцеві, гладкі**. Вони відрізняються морфологічними, біохімічними, функціональними особливостями та шляхами розвитку.

У **поперечно-смугастих** м'язах виявлена смугастість, якої нема у гладких м'язах.

Серцевий м'яз займає проміжне становище. Серцевий м'яз скорочується ритмічно, з послідовно змінними циклами скорочень (систолоа) і розслаблень (діастолоа) незалежно від волі людини. Скорочення регулюються гормонами –

катехоламінами (адреналін і норадреналін – синтезуються мозговим шаром наднирників з тирозину при передачі нервових імпульсів).

Гладкі м'язи скорочуються незалежно від волі людини і не контролюються свідомістю. Це м'язи внутрішніх органів, системи травлення, кровоносних судин, шкіри, матки.

Скелетні м'язи прикріплені до кісток і їх скорочення ініціюється нервовими імпульсами та піддається свідомому контролю, тобто скорочення здійснюється довільно. Скелетні м'язи скорочуються лише на 1/3 від вихідної довжини. Гладкий м'яз може зменшувати свій поздовжній розмір у декілька разів (м'язи матки під час пологів), тому вони скорочуються повільніше, декілька секунд, а поперечносмугасті через - кілька мілісекунд. Скелетні м'язи під час скорочення можуть виконувати роботу, вкорочуючись на певну відстань. Таке скорочення називають **ізотонічним**. М'язи, які не можуть вкорочуватись під час скорочення (не можуть виконувати фізної роботи) розвивають тільки напруженість. Вони скорочуються за **ізометричним** принципом. (Зміна напруженості коротких між хребцевих м'язів при піднятті вантажів). Для всіх типів м'язів характерним є виділення певної кількості теплової енергії під час скорочення, спричиненої перебудовою в міоцитах.

Функції і властивості м'язів зумовлені їх будовою та властивостями.

Будова м'язів.

Окремий м'яз оточений оболонкою сполучної тканини і має певну морфологічну будову. Кожний м'яз складається з пучка волокон, а волокно містить багато скоротливих ниток – міофібрил.

М'язове волокно.

М'язове волокно – структурна одиниця скелетних м'язів (міоцит). Це багатоядерна клітина, а точніше безклітинний утвір – симпласт. У процесі розвитку м'язевої клітини утворюється шляхом злиття багатьох ембріональних окремих клітин – **міобластів**. Клітина оточена плазматичною мембраною – **сарколемою**, котра вкрита сіткою колагенових волокон, що надають їй

міцності і еластичності. Довжина м'язевих клітин від 10 до 50 см, товщина – 0,1 см. До м'язів підходять нервові закінчення та багато кровоносних судин. Аксон має розгалуження і інервує відразу кілька м'язевих волокон і утворюють функціональну одиницю м'яза – **нейромоторну або рухову**. М'яз складається з окремих рухових одиниць.

Типи м'язових волокон. Є повільноскротливі (червоні) і швидкоскротливі (білі). Вони мають різну швидкість збудження, скорочення і втомлення. Повільноскротливі м'язи мають: більше мітохондрій, ферментів біологічного окиснення вуглеводів і жирів, міоглобіну, більше капілярів і більше глікогену. В них переважають аеробні механізми енергоутворення, які забезпечують виконання робіт на витривалість. Мотонейрон, який інервує ці волокна, має невелике тіло і управляє невеликою кількістю волокон.

Швидкоскротливі м'язи мають: багато міофібрил, високу АТФ-азну активність міозину, багато глікогену, малокапілярів і міоглобіну. Ресинтез АТФ здійснюється за рахунок анаеробних механізмів енергоутворення – креатинфосфатної реакції і гліколізу. Для них характерна висока швидкість скорочення та швидка втома. Мотонейрони мають велике тіло і інервують 300-800 м'язевих волокон.

Є ШС - а тип. Вони мають високу анаеробну гліколітичну і аеробну здатність ресинтезу АТФ. Використовуються при інтенсивній роботі на витривалість (біг на 1000 м). ШС – б типу мають анаеробну здатність ресинтезу, і використовуються при короткочасній роботі вибухового характеру (біг на 100 м).

При навантаженнях малої інтенсивності (25% рівня максимальної сили м'язевих скорочень) в роботу втягуються ПС м'язи. 40% рівня макс сили м'язевих скорочень – ШСа волокна, а вище 40%, втягуються волокна ШСб волокна. Вони відрізняються механізмами енергоутворення. ШСа мають високу анаеробну гліколітичну і аеробну здатність ре синтезу АТФ. (Використовуються при інтенсивній роботі на витривалість). ШСб – мають високі тільки анаеробні спроможності ре синтезу АТФ. (Підключаються при короткочасній роботі).

Мінім величина стимуляції при якій волокно скорочується максимально – називається порогом збудження. У ШВ порог збудження у 2 рази вищий, ніж у ПС. Всі волокна втягуються в роботу при великій частоті подразнення (55 Гц). Кількість ПС і ШС волокон в організмі складає 55 і 45%. ШС – а більше ніж ШС – б.

Структурна організація м'язевих волокон.

Клітина оточена сарколемою. На сарколемі знаходяться синапси. Є транспортні системи для Na, K, Cl. Це створює певний потенціал на мембрані, що є необхідною умовою збудження нервового волокна. Руховий нерв (мотонейрон) має розгалужені аксони і може іннервувати кілька м'язевих волокон, які утворюють **нейромоторну або рухову одиницю**. Сила і швидкість залежить від кількості рухових одиниць, що беруть участь в скороченні і частоти нервових імпульсів. Внутрішній простір м'язевого волокна заповнений **саркоплазмою**.

Скоротивий елемент м'язевого волокна – міофібрила. Вона складається з почергових темних і світлих дисків. Темні – А-диски, мають у центрі світлу зону – Н, посередині неї проходить темна М-лінія. Світлі І-диски перетинаються з Z-мембраною. Ділянка між двома Z-зонами – **саркомер**. Це скоротлива одиниця волокна. Саркомери розміщені паралельно один до одного. Міофібрила складається з багатьох товстих і тонких ниток – **філаментів**.

Товсті нитки знаходяться в А-дисках і складаються з міозину. Тонкі – в І-дисках і складаються з актину. Тропоміозину і тропоніну. Навколо нитки міозину розміщуються 6 актинових ниток, кожна нитка актину розміщена між трома товстими нитками. При скороченні відбувається взаємне перекривання між собою товстих і тонких ниток. Саркомери можуть вкорочуватись на 25%, а при довіньому витягуванні – видовжуватись на 120% нормальної довжини.

М'язеве волокно містить вип'ячування сарколеми – **Т-системи**, котрі забезпечують передачу нервових імпульсів.

Саркоплазматичний ретикулум – внутріклітинна мембранна система пухирців і каналців, яка оточує саркомери міофібрил. На його внутрішній мембрані розміщені білки, котрі можуть зв'язувати іони Ca. Вміст Ca при скороченні-розслабленні змінюється від 10^{-5} до 10^{-7} .

Мітохондрії. В них утворюється АТФ.

Хімічний склад м'язів. 80% води і 20% сухого залишку.

Основні білки. Виділяють три групи: саркоплазматичні (35%), міофібрилярні (45%), білки стромы (25%).

Саркоплазматичні – розчинні у воді і сольових розчинах. Це білки-ферменти, що локалізовані в мітохондріях і каталізуючі процеси окисного фосфорилування, ферменти гліколізу, ліпідного і азотистого обмінів, котрі знаходяться в саркоплазмі. Білок міоглобін. Існують білки, котрі можуть зв'язувати іони Ca, але їх фізіологічна роль не з'ясована.

Міофібрилярні – це скоротливі актин, міозин, актоміозин, та регуляторні – тропоміозин, тропонін, альфа-, бета-актинін.

Міозин – 55% м'язевих білків. Утворює товсті нитки міофібрил. У ньому є фібрилярна частина та глобулярні структури – головки. Фібрилярна частина має 2-спіральну структуру. У складі молекули є 6 субодиниць – дві важкі і чотири легкі ланцюги, котрі розміщені в глобулярній частині. Функція фібрилярної частини – здатність утворювати товсті протофібрили. На головках розміщені центр АТФ-ази і актинов'язуючий центр. Тому вони забезпечують гідроліз АТФ та взаємодію з актиновими філаментами. Молекула міозину містить глутамінову АК і має негативний заряд, що посилює взаємодію з Ca і Mg. В присутності іонів Ca підвищується АТФ-азна активність міозину і швидкість гідролізу АТФ.

Енергія АТФ використовується на зміну конформації міозину і генерації напруження між товстими і тонкими нитками під час скорочення. При участі іонів Mg міозин здатний приєднувати молекули АТФ і АДФ і взаємодіяти з молекулами актину.

Актин – складає основу тонких ниток. Є глобулярний G-актин і фібрилярний F-актин. Глобулярний актин у присутності Mg перетворюється у нерозчинний спіральний філамент – F-актин. Обидві форми актину не володіють ферментативною активністю. Молекула G актину може зв'язувати і іон Ca, і молекулу АТФ, полімеризується і утворюється F-актин з одночасним розщепленням АТФ до АДФ. АДФ залишається зв'язаним з глобулярним актином. F-актин активує АТФ-азу міозину, і утворюється актин-міозиновий комплекс. В присутності АТФ і Mg цей комплекс розпадається.

У тонких нитках є ще:

Тропоміозин – структурний білок, оточує актинові нитки. На кінцях кожної його молекули є білки тропонінової системи.

Тропонін – складається з 3 субодиниць – Т, І, С. Т – забезпечує зв'язок з тропоміозином. І – інгібує взаємодію актину і міозину, С – Ca зв'язуючий білок. При наявності іонів Ca відкривається центр взаємодії актину і міозину.

Актинін виявлений в зоні Z-ліній, до них кріпляться F-актинові нитки.

Небілкові компоненти.

Це азотовмісні, безазотисті екстрактивні речовини, мінеральні речовини.

Азотомісні – **АТФ, АДФ, АМФ, креатинфосфат, креатин, креатинін, карнозин, вільні АК.**

Креатин та креатинфосфат мають пряме відношення до скорочення м'язів. В їх синтезі беруть участь: аргінін, гліцин, метіонін. Утворення їх починається в нирках, а закінчується в печінці і м'язах. **Креатинінфосфат і АТФ** – джерела енергії. **АДФ, АМФ, креатин** – регулюючий вплив здійснюють. **Карнозин та ансерин** (дипептиди) перенесення фосфатних груп,

стимулює роботу іонних насосів, збільшує амплітуду м'язевого скорочення, проявляють антиоксидантну дію. **Карнітин** – перенесення ЖК через мембрани, сприяє їх окисленню і енергоутворенню. Є азатовмісні фосфоліпіди – лецитин. **Кефалін**, також **сечовина**, **сечова кислота**, **пуринові основи (аденін, гуанін)** – це проміжні і кінцеві продукти азотистого обміну.

З **АК** найбільше глютамінової кислоти та глютаміну.

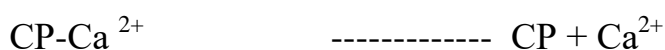
Безазотисті – **глікоген**, що є зв'язаний з білками і є основним енергетичним субстратом. Вміст його- 0,4-0,8%, під впливом тренування збільшується до 1,5-3%. Втомлені м'язи містять незначну кількість глікогену. Під час роботи утворюються проміжні продукти обміну глікогену – глюкоза, піровиноградна і молочна кислоти.

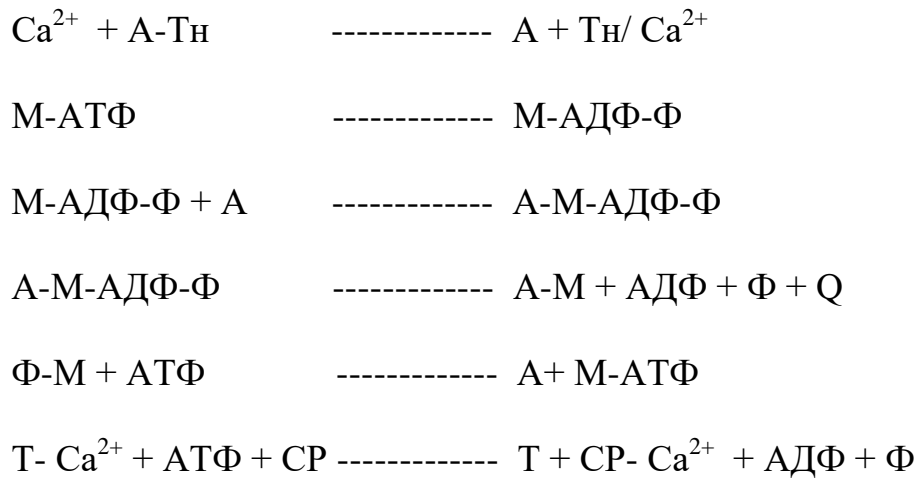
Є мінеральні речовини і мікроелементи. Основні – Ca^+ , K^+ (є всередині волокон), Na^+ (у міжклітинній рідині) та Co , Fe , Ni , Zn (компоненти білкових молекул, або активатори ферментів). Вони впливають на активність ферментів. З аніонів Cl^- , H_2PO_4^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- .

Структурні та біохімічні зміни у м'язах при скороченні і розслабленні.

В розслабленому вигляді актинові і міозинові нитки не контактують. Центри АТФ-азної активності на головках міозину містять АТФ, але її не розщеплюють. АТФ перешкоджає утворенню спайок між актином і міозином. Молекули тропоніну блокують активні центри взаємодії актину і міозину.

Збудження – ацетилхолін – збудження сарколеми (деполяризація мембрани) – потенціал дії на її поверхні – він через системи Т-трубочок іде до саркоплазматичного ретикулуму і вивільняється Ca – він активує АТФ-азні центри на головках міозину.





Проходить розщеплення АТФ але АДФ і Ф залишаються зв'язані з міозином. Ca⁺ знімає з актину блокаду тропоніну (зв'язуючись з тропоніном С і змінюючи його конфігурацію). Утворюється актино-міозиновий комплекс. Тоді АДФ і Ф відщеплюється. Енергія використовується для конформаційних змін. Головки міозину згинаються по відношенню до їх осі і між тонкими і товстими нитками виникає напруження, що зсуває тонку нитку до центра саркомера. Спайок утворюється надзвичайно велика кількість. Це теорія ковзання філаментів, висунута Х. Хакслі (1968р).

Роль АТФ у процесі м'язевого скорочення.

1. Перешкоджає взаємодії актину-міозину в стані спокою.
2. Постачають необхідну енергію руху ниток.
3. в процесі розслаблення забезпечують рух Са у ретикулум.

Для забезпечення скоротливої функції м'язів рівень АТФ у ній має бути на постійному рівні 2-5 ммоль х кг⁻¹.

Гладенькі мязи не організовані у міофібрили. Концентрація міозину у них – 1/3 його у скелетних м'язах, а вміст актину може бути у два рази більшим. Актин зв'язаний з тропоміозином, проте тропоніну нема. Міозин повільно

розщеплює АТФ, що свідчить про значно меншу швидкість скорочення. Іони Са надходять із позаклітинної рідини, тільки незначна їх кількість – з саркоплазматичного ретикулума. Скорочення не піддається волі людини. Для скорочення необхідним є підвищення концентрації Са у цитоплазмі міозитів. При концентрації 10^{-5} моль/л Са зв'язується з кальмодуліном і кіназа міозину активується. Відбувається взаємодія акти нових та міози нових ниток. Швидкість скорочення в 100-1000 разів менша ніж скелетних м'язів. При зниженні концентрації Са комплекс Са-кальмодулін дисоціює. Взаємодія ниток припиняється.