

ОСНОВИ ФІЗИКИ М'ЯЗОВОГО СКОРОЧЕННЯ

Олійниченко Д.Ю., здобувач вищої освіти гр. ВМ 1/1

Науковий керівник д.п.н., доц. Бацуровська І.В.

Миколаївський національний аграрний університет

Вступ. Всі різноманітні форми рухів в живій природі, починаючи з биття війок одноклітинних організмів і руху листя рослин і закінчуючи скороченнями скелетних м'язів, мають деякі спільні риси. Скорочення м'язів, биття джгутиків, поділ клітин та рух цитоплазми – все це різні форми рухової активності. В основі всіх видів руху лежить перетворення хімічної та електричної енергії на механічну, яке відбувається завдяки роботі спеціальних білків – молекулярних моторів. Рухи всіх багатоклітинних тварин пов'язані з м'язовою діяльністю і скоротливими процесами.

Найбільш вираженою скоротливою функцією володіють спеціалізовані м'язові клітини. В цих клітинах скоротливі білки утворюють упорядковані структури, які добре видно за допомогою електронної мікроскопії. Різні типи м'язів власними скороченнями створюють і формують рух кінцівок, всього тіла і його частин (поперечносмугасті м'язи), внутрішніх органів і кровоносних судин (гладенькі м'язи), серця (серцеві м'язи). В м'язах основна маса клітинної речовини спеціалізована для виконання скоротливої функції. Два основні білки - актин і міозин, які виконують цю функцію, складають біля 80% загального білка м'язу.

Скелетні м'язи відіграють надзвичайно важливу роль в життєдіяльності організму. Завдяки їх скороченням людина здатна не тільки переміщатися в просторі і підтримувати позу тіла, але й виражати свої думки і почуття за допомогою мови, жестів та міміки. На даний час діяльність скелетних м'язів вивчена не тільки на клітинному, але й на молекулярному рівні, хоча багато її аспектів все ще залишаються невідомими. Для того щоб зрозуміти біофізичні механізми м'язового скорочення, необхідно розглянути структуру скелетного м'яза.

Структура скелетного м'яза, що включає різні рівні його структурно - функціональної організації. М'яз складається з окремих пучків м'язової тканини, кожен з яких включає в себе велику кількість м'язових волокон - клітин, здатних скорочуватися і здійснювати механічну роботу. М'язове волокно представляє собою багатоядерну клітину, діаметр якої може складати від 10 до 100 мкм, а довжина, як правило, дорівнює довжині м'яза в цілому. М'язові волокна оточені плазматичною мембраною (сарколемою), яка в стані спокою поляризована, як і мембрани всіх клітин. Мембранний потенціал спокою скелетного м'язового волокна становить приблизно - 90 мВ. Кожне м'язове волокно включає в себе від декількох сотень до двох тисяч тонших витягнутих волоконцець – міофібрил діаметром 1-2 мкм, що безпосередньо беруть участь в м'язовому скороченні. Міофібрили знаходяться в цитоплазмі м'язового волокна (саркоплазмі) поряд зі звичайними внутрішньоклітинними органелами.

Управління скорочувальною активністю скелетних м'язів здійснюється аксонами рухових нервових клітин (мотонейронів) спинного мозку. Кожен аксон іннервує групу м'язових волокон, які скорочуються як єдине ціле. Аксон і м'язові волокна, які він іннервує, складають рухову одиницю. Сила і швидкість скорочення м'яза залежить від числа активних рухових одиниць і частоти потенціалів дії, які надходять до м'язових волокон від мотонейронів.

Скороченню м'яза передують низка подій, які запускають процес.

1. М'язове волокно активується імпульсами, що надходять по аксону мотонейрона.

2. При збудженні м'язового волокна в його плазматичній мембрані виникає потенціал дії.

3. Потенціал дії деполяризує мембрану м'язового волокна і переміщується уздовж неї так само, як потенціал дії вздовж мембрани нервового волокна.

4. Деполяризація мембрани поширюється вглиб м'язового волокна по каналам Т-системи і викликає підвищення проникності мембрани СПР для іонів кальцію. Це викликає їх вивільнення в саркоплазму через специфічні кальцієві канали.

5. Іони кальцію ініціюють взаємодію між актиновими і міозиновими філаментами, змушуючи їх переміщатися один відносно одного, що і викликає процес скорочення м'яза.

6. Через короткий час іони кальцію відкачуються з саркоплазми назад в СПР шляхом активного транспорту (роботи кальцієвого насоса). Видалення іонів кальцію з саркоплазми призводить до припинення скорочення і до розслаблення м'яза.

Розглянемо енергетику м'язового скорочення. При скороченні м'яза виконується робота, і на це потрібна енергія. Її джерелом служить АТФ. Голівки поперечних містків міозину в присутності молекул актину функціонують як фермент аденозинтрифосфатаза (АТФаза). Це дозволяє голівці каталізувати гідроліз АТФ. Цей процес проходить через низку стадій, під час яких утворюються проміжні конформації міозину, збагачені енергією. Вона використовується для конформаційного переходу голівки міозину.

Значна частина енергії АТФ витрачається в м'язі не тільки на виконання механічної роботи, але і на роботу іонних насосів: натрійкалієвого і кальцієвого. Перший з них забезпечує підтримання високої концентрації іонів калію в саркоплазмі, другий - високої концентрації іонів кальцію усередині СПР. Його активність необхідна і для того, щоб видаляти надлишок іонів кальцію з саркоплазми при розслабленні м'яза.

За відсутності навантаження скелетний м'яз скорочується швидко. При його навантаженні швидкість м'язового скорочення зменшується. Коли величина навантаження зростає до значення максимальної сили, яку здатний розвинути м'яз, то скорочення припиняється. Його швидкість стає рівною нулю, незважаючи на активацію м'язових волокон. Залежність між швидкістю скорочення м'яза і навантаженням визначається рівнянням Хілла. Англійський фізіолог А.В. Хілл досліджував термодинаміку м'язового

скорочення (Нобелівська премія з фізіології за 1922 р). Вченому вдалося виміряти з великою точністю теплоту, яка виділяється м'язом при його скороченні. В результаті було встановлена закономірність, яка виражається основним рівнянням м'язового скорочення.

Висновок. М'язові тканини – це група тканин організму різного походження, що об'єднуються за ознакою скоротливості: поперечнополосата (скелетна і серцева), гладка, а також спеціалізовані скоротні тканини - епітеліальної-м'язова і нейрогліальних, що входить до складу райдужки ока. Скорочення м'язового волокна полягає в укороченні міофібрил в межах кожного саркомера. Товсті (міозінові) і тонкі (актинові) нитки, в розслабленому стані пов'язані тільки кінцевими відділами, в момент скорочення здійснюють ковзаючі рухи назустріч один одному.

Список використаної літератури

1. Сливко Е.І. Медична і біологічна фізика [Електронний ресурс] / Сливко – Режим доступу до ресурсу: <http://dspace.zsmu.edu.ua/bitstream/123456789.pdf>.
2. Біомеханіка [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://biology.univ.kiev.ua/images/stories/Studentam_ta_aspirantam/Zagalna_informaciya/Medichna_fizika/4_Biomechanika.pdf.
3. Міністерство охорони здоров'я України [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://med-informatic.umsa.edu.ua/storage/resources/docs/AnSFae6vpptpRnXWIOK2fWgAh_sbk80gydTNxL2Bz.pdf.
4. Іонов. методичка до лабораторних робіт [Електронний ресурс] / Іонов – Режим доступу до ресурсу: http://hnpu.edu.ua/sites/default/files/files/Kaf_anatomii/Biblioteka/Metodychka%20do%20laboratorykh%20robit%20-%20Fiziolohtia%20zbudlyvykh%20tkanyn.pdf.
5. Фізіологія м'язового скорочення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/lectured:b40514a462ccfa8803aa0b3da100825c3ef6d739/20150923093602/115382/index.html.