



Безпека життя та охорона здоров'я - головні завдання сучасного суспільства

**Збірник доповідей студентської
регіональної наукової конференції**

***Безпека життя та охорона
здоров'я – головні завдання
сучасного суспільства***

Збірник доповідей студентської
регіональної наукової конференції

Випуск 5

Розвиток втоми скелетних м'язів та дії наночастинок C_{60} фулеренів

*Лінник Ангеліна, студентка Луцького базового
медичного коледжу, III курс, спеціальність «Лікувальна
справа»*

*Науковий керівник: Міщенко І.В., викладач медичної
біології*

Тривала безперервна робота призводить до постійної напруги м'язів – м'язового стомлення. М'язова втома являє собою захисний механізм від перенавантаження організму в цілому та подальшого розвитку хворобливої чутливості м'язів. Сама втома може проявлятися вже після мінімальних фізичних навантажень та призводити до виникнення хронічних патологічних процесів, таких як хронічний біль, що в свою чергу значно знижує якість життя. Тому процес зменшення втоми є надзвичайно важливим.

З розвитком сучасних методів дослідження в лабораторних умовах на наномолекулярному рівні проводиться вивчення впливу унікальних властивостей наночастинок на біологічні системи. Особливу зацікавленість викликає новий клас вуглецевих наноструктур — фулерени C_{60} , яким притаманні унікальні фізико-хімічні властивості та біологічна активність.

Молекули фулеренів — це замкнені каркасні структури, сферична поверхня яких складається з шестичленних та п'ятичленних циклів з атомами вуглецю у вершинах. Загальна парна кількість атомів вуглецю у складі молекули може бути різною — 60, 70, 76, 78, 82 і т. д. Через таку незвичну будову ці сполуки було названо фулеренами на честь архітектора Б. Фулера, який проектував геодезичні куполи [1].

Особливе місце серед фулеренів посідає молекула C_{60} , що має найвищий ступінь симетрії і є найбільш стабільною. Сферична поверхня C_{60} містить 20 правильних гексагональних і 12 пентагональних структур, чим нагадує

поверхню футбольного м'яча (рис. 1). Фулерен C_{60} інколи називають «губкою для радикалів». Завдяки сферичній формі, малим розмірам (0,72 нм у діаметрі) та гідрофобним властивостям молекула C_{60} , може локалізуватись у клітинній мембрані та проникати всередину клітин [7, 8], взаємодіяти з вільними радикалами та нейтралізувати їх [9].

На разі відомо, що фулерени мають імуномодулювальні властивості, нормалізують клітинний обмін речовин та нервові процеси, підвищують стійкість до стресу, виявляють антибактеріальні та противірусні властивості, мають виражену протизапальну й антиалергенну дію, посилюють активність ензимів та регенеративну здатність тканин, можуть бути допоміжним засобом у комплексній терапії раку завдяки підвищенню захисних функцій імунної та антиоксидантної систем організму, також відомі антиоксидантні властивості наночастинок C_{60} фулеренів, які були випробувані в умовах експериментальної ішемії м'яза [9].

Таким чином, актуальним і перспективним є дослідження дії антиоксидантних властивостей C_{60} фулеренів на втому скелетних м'язів.

Мета дослідження

Дослідити вплив нетоксичних водорозчинних немодифікованих наночастинок C_{60} фулеренів на динамічну активність скелетних м'язів на фоні розвитку втоми.

Завдання дослідження

1. Дослідити механізми дії наночастинок C_{60} фулеренів на зміну силової реакції триголового м'яза литки під час розвитку його втоми.
2. Визначити рівень зниження відносної активності м'яза в результаті стомлюючої стимуляції за дії немодифікованих наночастинок C_{60} фулеренів та без їх додавання.
3. Встановити часовий проміжок за який відбувається стомлення м'яза та відновлення його функціональної активності до та після аплікації наночастинок C_{60} фулеренів.

Науково-практичне значення дослідження

Отримані експериментальні дані можуть бути використані у подальших дослідженнях запобігання розвитку м'язової втоми, її діагностики та корекції. У даному випадку досліджувані нами наночастини C_{60} фулеренів можуть бути випробувані у клінічних дослідженнях, і, як перспективні агенти для ефективної терапії, увійти до складу препаратів, що використовуються у спортивній медицині для швидкого відновлення спортсменів після тривалих навантажень, а також для лікування патологічної втоми, яка призводить до виникнення хронічного болю.

Об'єкт і методика дослідження

Дослідження були проведені на щурах-самцях лінії Вістар масою 280-350 г. Всі тварини були поділені на 4 групи: 1 – контрольні тварини, у яких викликали стомлення лівого триголового м'яза литки (ТМЛ) за допомогою електричної стимуляції *n. tibialis*, після чого вводили фізіологічний розчин в даний м'яз і викликали стомлення правого ТМЛ ($n = 3$); 2 – тварини, у яких викликали стомлення лівого ТМЛ, після чого в цей же м'яз робили ін'єкцію 0.1-0.15 мг кг водного розчину наночастинок C_{60} фулеренів, і потім також викликали стомлення правого ТМЛ ($n = 6$); 3 – група тварин, у яких викликали стомлення обох ТМЛ без введення препаратів ($n = 3$); 4 – інтактні щури ($n = 3$). Після закінчення експерименту у тварин всіх груп виділяли ТМЛ для подальшого проведення біохімічного аналізу (щурів груп 3 і 4 використовували тільки для біохімічного аналізу).

Щоб викликати м'язове стомлення використовували 1–3 серії високочастотної електричної стимуляції тривалістю 30 хв, розділених інтервалами відпочинку по 10–20 хв. Втомою вважали зниження рівня зусилля, яке розвивалося м'язом, більш ніж на 50% від початкових значень.

Реєстрацію сигналів проводили за допомогою ЦАП–АЦП (CED Power 1401) і комп'ютерної програми “Spike2”, а статистичну обробку отриманих результатів здійснювали за допомогою програм “Origin” та “SPSS”.

Після електрофізіологічних експериментів досліджували біохімічні показники про- та антиоксидантного балансу. Визначали концентрації TBARS (thiobarbituric acid reactive substances), перекису водню, глутатіону і активність каталази у м'язі інтактних тварин, із стомленням лівої ТМЛ та після введення C_{60} фулерену.

В результаті проведених досліджень отримано дані, які свідчать, що після введення фулеренів, час зниження рівня сили скорочення TS до 50 % складає 120 хв. При цьому в контролі рівень сили, яка розвивається даним ТМЛ, за цей період падав на 85 %. Менші значення постійного часу падіння сили м'язового скорочення після введення C_{60} фулеренів порівняно з контролем свідчить про деяке уповільнення розвитку процесу втоми, а утримання сили на постійному рівні протягом тривалого часу (120 хв.) вказує на підвищення витривалості м'язів в даних умовах.

У нашій роботі було показано, що в результаті електричної стимуляції в працюючому м'язі відбувається значне збільшення кількості вторинних продуктів перекисного окислення ліпідів і H_2O_2 по відношенню до інтактної м'язі. При цьому після введення наночастинок C_{60} фулеренів рівень концентрації кисневих метаболітів був значно менше. Це підтверджує отримані раніше дані про протекторному вплив фулеренів C_{60} .

Отже, в ході дослідження були зроблені наступні висновки:

1) водний розчин нетоксичних немодифікованих наночастинок C_{60} фулеренів, навіть при введенні в низькій терапевтичній дозі (до 0,1 0,15 мг/кг), призводить до зменшення часу відновлення сили скорочення м'яза (після стану її повного стомлення);

2) наночастинки C_{60} фулеренів збільшують в кілька разів час активної роботи м'яза (витривалості) до появи істотних проявів її стомлення.

Причиною цього, поряд з іншими механізмами, є вплив фулеренів C_{60} на прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу м'язової тканини щурів.

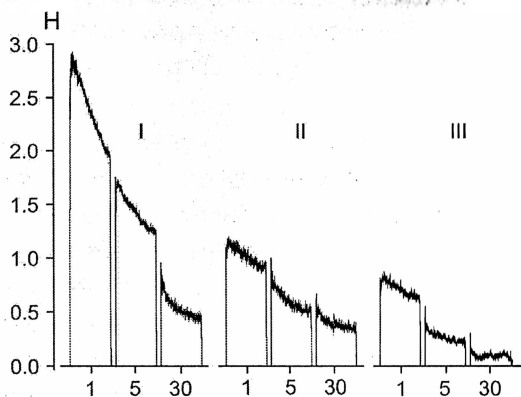


Рис. 1.

Динаміка напруження триголового м'язу литки під час ізометричного скорочення, викликаного переривчастою електричною стимуляцією протягом 30 хв.

Ряд стимулів, зображений під віссю абсцис, призводить до поступового зниження напруження трапецієвидного та ремінного м'язів до 35 % та 30 % відповідно. 1, 5, 30 – послідовні окремі серії стимуляції. I, II, III – загальні 30-хв стимуляції. По осі ординат – сила напруження м'язів в Ньютонах, Н.

В електрофізіологічній частині дослідження кожна серія стимуляції (30 хв) була розділена на три рівні за часом частини (рис. 1А), які потім були усереднені (максимум по 33 стимуляції в одній частині).

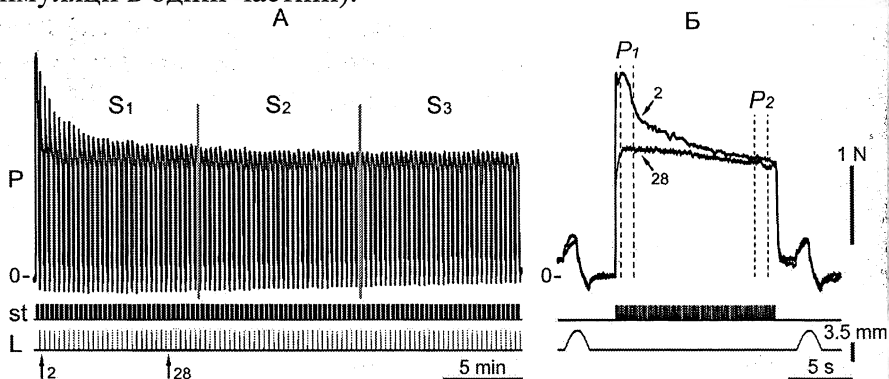


Рис. 2. Реєстрація сили скорочень триголового м'яза литки (ТМЛ) під час переривчастої високочастотної електричної стимуляції *n. tibialis* після внутрішньом'язового введення C_{60} фулеренів.

А – Втома м'яза викликала серіями електричних імпульсів загальною тривалістю 30 хв. L – довжина розтягування м'яза механостимулятором; Р – сила, що розвивається м'язом; st – позначки електричної стимуляції. S_1 , S_2 , S_3 – рівні частини реєстрації, використовувані для статистичного аналізу. 2, 28 – черговість окремих серій стимуляцій, показаних на (Б) в збільшеному масштабі. Б – приклади окремих серій (2 і 28) 2-мс прямокутних імпульсів, частотою 40 с^{-1} і тривалістю 12,4 с, що призводять до тетанічного скорочення ТМЛ. P_1 і P_2 – ділянки на початку і кінці тетанічного скорочення, які використовувалися для подальшого аналізу. Масштабні лінії сили 1 Н і 3,5 мм розтягування спільні для (А, Б); масштабна лінія часу 5 хв для (А), 5 с – для (Б).

Висновки:

- 1) Водний розчин C_{60} фулеренів, навіть при введенні в низькій терапевтичній дозі (до 0,1 0,15 мг/кг), призводить до зменшення часу відновлення сили скорочення м'яза (після стану її повного стомлення).
- 2) Наночастинки C_{60} фулеренів збільшують в кілька разів час активної роботи м'яза (витривалості) до появи істотних проявів її стомлення.