

УДК 616.748.54:57.12.4:613.73:612.08

© Колектив авторів, 2013

ОСОБЛИВОСТІ УЛЬТРАСТРУКТУРИ КАМБАЛОПОДІБНОГО М'ЯЗА ПІД ВПЛИВОМ ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В ЕКСПЕРИМЕНТІ

В. А. Пастухова, Л. М. Гуніна, Г. В. Лук'янцева, М. В. Бєлікова

Національний університет фізичного виховання та спорту України. 03680 Україна, м. Київ, вул. Фізкультури, 1. E-mail: Pastuhova_V@ukr.net

ULTRASTRUCTURAL FEATURES OF THE SOLEUS MUSCLE UNDER THE INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY IN THE EXPERIMENT

V. A. Pastukhova, L. M. Gunina, G. V. Lukyantseva, M. V. Belikova

SUMMARY

The purpose of this study was to investigate the morphological and functional characteristics of the structure soleus muscle of experimental animals with significant physical exertion at the ultrastructural level. Physical activity reproduced by daily swimming animals for 30 minutes with the additional weight, which was 10% of body weight. After decapitation, the pieces of muscle were fixed, dehydrated, infiltrated and embedded according to standard procedure. Soleus muscle in different animals same type is responsible for the long exercise. This is evidenced by the lack of significant differences in the ultrastructure of symplast. Established changes in the ultrastructure confirm overactive muscle fibers in conditions of prolonged exercise. Morphometric analysis of mitochondria showed that physical activity leads to an increase in their size. In the endothelial cells of blood microvessels observed trans cellular active processes.

ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАСТРУКТУРЫ КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

В. А. Пастухова, Л. М. Гунина, Г. В. Лукьянцева, М. В. Беликова

РЕЗЮМЕ

Целью данного исследования было изучение морфофункциональных особенностей строения камбаловидных мышц экспериментальных животных при значительных физических нагрузках на ультраструктурном уровне. Физическую нагрузку воспроизводили путем ежедневного плавания животных по 30 минут с дополнительным грузом, который составлял 10% от массы тела. После декапитации кусочки мышц фиксировали, обезвоживали, пропитывали и заливали согласно общепринятой методике. Камбаловидная мышца у разных животных однотипно отвечает на длительную физическую нагрузку. Об этом свидетельствует отсутствие существенных различий в ультраструктуре симпластов. Установленные изменения ультраструктуры подтверждают наличие гиперфункции мышечных волокон в условиях длительной физической нагрузки. Морфометрический анализ митохондрий показал, что физическая нагрузка приводит к увеличению их размеров. В эндотелиальных клетках кровеносных сосудов наблюдаются активные транцитозные процессы.

Ключові слова: камбалоподібний м'яз, ультраструктура, фізичне навантаження.

Однією із головних задач сучасної морфології залишається проблема становлення тісного взаємозв'язку між формою, структурою і функцією скелетних м'язів. Вивчення особливостей будови м'язових елементів за допомогою сучасних методів дослідження дає змогу встановити не лише дійсні закономірності нормального розвитку скелетних м'язів, але і сприяти розкриттю причин і механізмів розвитку різних негативних змін в умовах значних фізичних навантажень.

Проведене літературне дослідження свідчить, що досить повно вивчено нині лише будову м'язово-скелетної системи на всіх рівнях структурної організації, але і тут є ще багато незрозумілого, протиріч і просто помилкових тверджень. Це стосується не тільки деяких дрібниць, але і таких основних положень як походження багатоядерної м'язової клітини, причин і механізмів утворення біполярних волокнистих структур, формування метамерії і смугастості м'язів

із саркомерною організацією і цілого ряду інших важливих питань розвитку різних типів м'язових і сполучнотканинних структур [1,2].

Відомо, що довготривале фізичне навантаження призводить до напруження адаптаційних механізмів організму, що виявляється порушеннями функціонального стану багатьох органів та систем [3,4], а також впливає на зміни структури м'язів та їхню функціональну активність [5].

Мета дослідження – вивчення морфофункціональних особливостей будови камбалоподібних м'язів експериментальних тварин при значних фізичних навантаженнях на ультраструктурному рівні.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

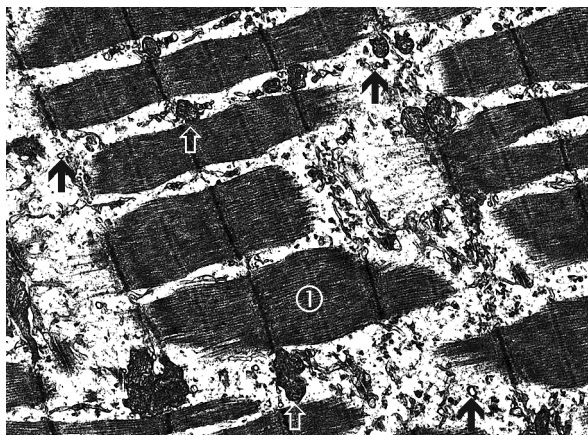
Дослідження проводили на 20 білих статевозрілих щурах лінії Фішер з початковою масою 200-220 г. Тварин порівну було розподілено на контрольну (інтактні щури) та основну групу, в якій фізичне на-

вантаження відтворювали шляхом застосування протягом 5 тижнів щоденного плавання тварин по 30 хвилин з додатковим вантажем, що складав 10 % від маси тіла. Утримання і використання лабораторних тварин відповідало методам, які рекомендуються національними нормами з біоетики [6]. Після декапітації під ефірним наркозом шматочки м'язів фіксували 2,5% розчином глутарового альдегіду на фосфатному буфері з дофіксацією у 1% розчині чотириокису осмію за Мілонінгом. Зневоднювання проводили у спиртах зростаючої концентрації та ацетоні. Просочували та заливали у суміш епон-аралдит, згідно загальноприйнятій методиці [7].

Вивчення матеріалу камбалоподібних м'язів щурів обох груп проводили на трансмісійному електронному мікроскопі ПЕМ-125К (Росія) з подальшим фотографуванням. Отриманий цифровий матеріал опрацьовували методами варіаційної статистики за допомогою прикладних пакетів комп'ютерних програм. Достовірність змін оцінювали з урахуванням критерію Ст'юдента [8].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Камбалоподібний м'яз у різних тварин однотипно відповідає на довготривале фізичне навантаження. Про це свідчить відсутність суттєвих відмінностей в ультраструктурі симпластів. Їх саркомери мають типове співвідношення А- та І-дисків, Z-лінії без ущільнення (мал. 1). Найбільш характерними змінами в саркомерах є локальні розходження міофібрил.



Мал. 1. М'язові волокна у камбалоподібному м'язі щурів після довготривалого фізичного навантаження. Міофібрили (⊙), мітохондрії (↑), каналці саркоплазматичної сітки (↑) в симпласті. Електронно-мікроскопічне фото. 36.: 12000

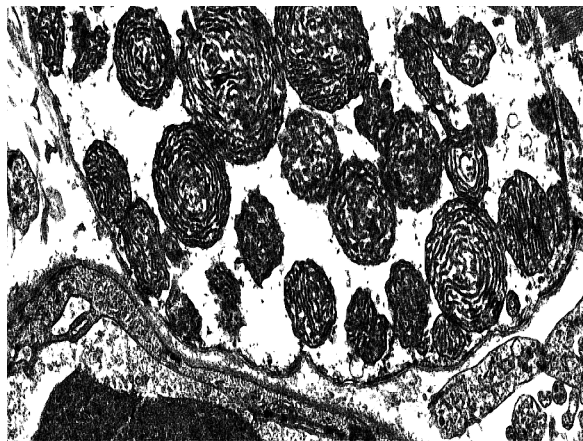
В симпластах часто спостерігаються розташування поруч двох ядер з ультраструктурними ознаками активних транскрипційних процесів: інвагінації каріолеми, що збільшує площу поверхні, рівномірне розташування хроматину, тобто переважання еухроматину (мал. 2). Відмічається велика кількість елементів триади – каналців саркоплазматичної сітки та Т-систем, які

глибоко проникають у середину симпласту (мал. 3). Слід відмітити, що їх кількість у волокнах «червоних» м'язах, до яких належить камбалоподібний м'яз, у стані спокою незначна. Це є ще одним підтвердженням гіперфункції м'язових волокон.

Мітохондрії набувають неправильну форму, мають електронно-прозорий матрикс та паралельно розташовані кристи. Іноді спостерігаються органели з центричним розташуванням крист (мал. 3), що характерно при напружених процесах.



Мал. 2. М'язові волокна у камбалоподібному м'язі щурів після довготривалого фізичного навантаження. Ядра з рівномірним розташуванням хроматину. Електронно-мікроскопічне фото. 36.: 8000



Мал. 3. М'язові волокна у камбалоподібному м'язі щурів після довготривалого фізичного навантаження. Мітохондрії з концентричним розташуванням крист. Електронно-мікроскопічне фото. 36.: 21000

Морфометричний аналіз показав, що фізичне навантаження викликає збільшення розмірів мітохондрій. Середня площа цих органел більш ніж удвічі перевищує цей же показник у інтактних тварин. При чому, як і у контролі, мітохондрії в підсарколемальній зоні більші за площею зрізу, ніж органели, розташовані міжфібрилярно. Таке збільшення відбувається внаслідок зниження числа дрібних мітохондрій і появи крупних органел, які не спостерігаються у контролі.

Фактор форми мітохондрій віддається від 1, тобто вони втрачають округлу або овальну форму. Більш виразних змін зазнають органели у міжфібрилярних ділянках. Якісний аналіз свідчить, що такі зміни відбуваються через формування на поверхні мітохондрій значних вип'ячувань. За рахунок значної гіпертрофії мітохондрій значуще збільшується їх об'ємна щільність (17,49%+7,07 проти 4,73%+1,83 в контролі).



Мал. 4. М'язові волокна у камбалоподібному м'язі щурів після довготривалого фізичного навантаження. Ендотеліальна клітина кровососного капіляра. Електронномікроскопічне фото. 36.: 11000

Щодо кровососних мікросудин необхідно відмітити їх значну розповсюдженість у камбалоподібному м'язі після довготривалого фізичного навантаження, що забезпечує посилене кровопостачання. В ендотеліальних клітинах містяться каналці зернистої ендоплазматичної сітки, великі за розмірами мітохондрії (мал. 4). Значна кількість мікропіноцитозних пухирців, які подекуди можуть майже повністю заповнювати периферичні ділянки ендотеліоцитів, свідчить про напружені процеси трансендотеліального переносу речовин.

ВИСНОВКИ

1. Встановлені зміни ультраструктури камбалоподібного м'яза експериментальних тварин підтверджують наявність гіперфункції м'язових волокон в умовах довготривалого фізичного навантаження.
2. Морфометричний аналіз показав, що фізичне навантаження призводить до гіпертрофії мітохондрій скелетних м'язів.
3. Ультраструктурна організація кровососних мікросудин свідчить про активні трансцитозні процеси в їх ендотеліальних клітинах.

ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Отримані в роботі результати свідчать про необхідність подальшого вивчення змін м'язової системи при фізичних навантаженнях на різних рівнях структурної організації та в умовах застосування фармакологічних коректорів, що позитивно впливають на фізичну працездатність.

Дослідження проведені у рамках НДР 2.24. «Підвищення ефективності тренувальної та змагальної діяльності кваліфікованих спортсменів дозволеними засобами відновленнями та стимуляції працездатності» (номер держреєстрації 0111U001731) Зведеного плану науково-дослідних робіт у сфері фізичної культури і спорту Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України на 2011-2015 рр.

ЛІТЕРАТУРА

1. Antonio J. Skeletal muscle fiber hyperplasia / J. Antonio, W.J. Gonyea //
2. Med. Sci. Sports Exerc. – 1993. – Vol. 25, № 12. – P. 1333-1345.
3. Lumbar muscles: structure and function / [Kalimo H., Rantanen J., Viljanen T., Einola S.] // Ann. Med. – 1989. – Vol. 21, № 5. – P. 353-359.
4. Гаврилова Е.А. Спортивное сердце. Стресорная кардиомиопатия / Е.А. Гаврилова // Москва: Советский спорт, 2007. – 198 с.
5. Pershin B.B. Reactions of immune system to physical exercise / B.B. Pershin, A.B. Geliev, D.V. Tolstov // Russ. J. Immunol. – 2002. – Vol. 7, № 1. – P. 2-24.
6. Пастухова В.А. Експериментальні дослідження ультраструктурних змін литкового м'яза під впливом фізичного навантаження / В.А. Пастухова, Л.М. Гуніна, Г.В. Лук'янцева // Вісник Запорізького національного університету. – 2012. – № 2(8). – С. 255-262.
7. Біоетична експертиза до клінічних та інших наукових досліджень, що виконуються на тваринах, Методичні рекомендації Національного Комітету з питань біоетики при Президії НАН України, Комітету з біоетики при президії АМН України, Інституту фармакології і токсикології АМН України, Державного фармакологічного центру МОЗ України. – Київ, 2006. – 29 с.
8. Карупу В. Я. Электронная микроскопия / В.Я. Карупу // Киев: Вища школа, 1984. – 208 с.
9. Ланг Т.А. Как описывать статистику в медицине: руководство для авторов, редакторов и рецензентов / Т.А. Ланг, М. Сесик // Москва: Практическая медицина, 2011. – 480 с.