

Вплив фізичних навантажень на ультраструктурні зміни тканин волосяних фолікулів людини

УДК 615.825:620.187

А. Й. Лабінський, Б. С. Семенів, Г. Б. Лабінська

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, Львів, Україна

Анотація. *Мета.* Вивчити вплив фізичного навантаження на ультраструктурні морфологічні зміни тканин волосяних фолікулів голови людини. *Методи.* Ультрамикроскопічні дослідження ультразрізів тканин за допомогою електронного мікроскопа UEMV-100K в умовах прискорюючої напруги 75 кВ і збільшеннях на екрані мікроскопа 2000X – 124000X з наступним фотографуванням та цифровою обробкою мікрофотографій. *Результати.* В роботі проаналізовано результати електронно-мікроскопічного дослідження ультрамикроскопічної картини морфологічних змін волосяних фолікулів осіб, які в процесі життєдіяльності регулярно відвідували фізичні заняття (основна група) та таких, які не практикували фізичні заняття та не мали в побуті достатньої рухової активності (контрольна група). Як виявилось під час аналізу результатів, зокрема обробці мікрофотографій, кількість мітохондрій була більшою у клітинах тканин осіб, які регулярно займались фізичними навантаженнями, ніж у осіб контрольної групи. Кількість піноцитозних пухирців, ліпідних і білково-патологічних включень та гранул трихогліаліну, навпаки, реєстрували меншою мірою в осіб основної групи порівняно з контрольною, що свідчить про відсутність застійних явищ у клітинах та міжклітинній речовині тканин осіб, які в процесі життєдіяльності регулярно відвідували фізичні заняття і, відповідно, проявляли достатню рекреаційну рухову активність. *Висновки.* Покращення ультраструктури тканин у осіб основної групи свідчить про саногенну, енерговідновлюючу та регулюючу інші фізіологічні процеси роль фізичного навантаження в осіб, які регулярно займаються фізичними заняттями та проявляють достатню рекреаційну рухову активність у процесі їх життєдіяльності. **Ключові слова:** електронна мікроскопія, волосяні фолікули, фізичне навантаження.

Impact of physical loads on ultrastructural changes of human hair follicle tissues

Labinskyi A.Y., Semeniv B.S., Labinska G.B.

S. Gzhytsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology, Lviv, Ukraine

Abstract. *Objective.* To study the influence of physical load on the ultrastructural morphological changes of the tissues of human hair follicles. *Methods.* Ultramicroscopic examination of tissue ultramicrotomas using a UEMV-100K electron microscope at an accelerating voltage of 75 kV and magnifications on the screen of a 2000X - 124000X microscope, followed by photographing and digital processing of the microphoto. *Results.* The paper analyzes the results of electron microscopic examination of the ultramicroscopic picture of morphological changes in hair follicles of persons who regularly attended physical training (main group) and those who did not practice physical training and did not have sufficient physical activity (control group). As it turned out during the analysis of the results, in particular the processing of microphotographs, the number of mitochondria was higher in the tissue cells of persons regularly engaged in physical activity than in the control group. Amount of pinocytosis blisters, lipid and albuminous-pathological including and granules of trichoglyalin, on the contrary, was less registered in persons of the main group as compared to control one, which confirms the absence of the stagnant phenomena in cells and intercellular substance of tissues of people, who regularly attended physical training and, accordingly showed sufficient recreative motor activity. *Conclusions.* Improvement of tissue ultrastructure of the main group subjects indicates the sanogenic, energy-restoring and regulating other physiological processes role of physical loads in persons who regularly exercise and exhibit sufficient recreational motor activity in the course of their activity. **Keywords:** electron microscopy, hair follicles, physical loads.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз даних науково-методичної літератури [5, 6, 9, 13] свідчить про те, що фізичні навантаження впливають на зміни структури різних тканин в організмі, у тому числі на ультраструктурному рівні, сприяючи формуванню компенсацій та відновлюючої і укріплюючої адаптації структури тканин організму [2, 3, 5–7].

Середні та помірні фізичні навантаження є основою для підтримки здоров'я на належному рівні та проведення фізичних реабілітаційних заходів у різних категорій людей, як здорових, так і тих, які потребують фізичної терапії [1, 4, 9]. Під час фізичних навантажень дуже важливим є виявлення реакції та змін зі сторони різних тканин організму людини, що вимагає глибокого вивчення даної проблеми [7, 8]. Зміни в процесі систематичних фізичних навантажень мають пристосуально-терапевтичний характер і відбуваються на всіх рівнях структурної організації організму у всіх його тканинах і органах. Помірювані фізичні навантаження можуть спричинювати значні зміни в організмі, зокрема в окремих його тканинах, за дослідженнями яких визначають ефективність фізичної терапії при різних захворюваннях, що потребують реабілітації [6, 7, 9]. Фізичне навантаження обумовлює зміни структури різних тканин в організмі, зокрема волосяних фолікулів, — матеріалу, який легко отримати для обстеження без складної і болючої для пацієнтів процедури біопсії, який присутній у різних частинах тіла людини і зміни в якому можуть інтегровано свідчити про морфологічну картину в тканинах всього організму, у тому числі диференційованих органах та головному мозку в ході фізичної терапії. Саме тому ультрамікроскопічне вивчення тканин волосяних фолікулів людини може стати об'єктом для проведення досліджень ультраструктурних мікроскопічних змін, які опосередковано свідчать про зміни морфології та нейрофізіології в організмі під час фізичних навантажень загалом та в разі застосування засобів фізичної реабілітації [2, 6, 7].

На гістологічних зрізах волосяної цибулини людини розрізняють декілька таких шарів, як сполучнотканинна сумка, зовнішня коренева піхва, зона Генле, зона Гексле, внутрішня коренева піхва, коркова речовина, мозкова речовина. Клітини внутрішньої кореневої піхви окрім мітохондрій, рибосом та лізосом містять червоні гранули трихогіаліну або кератогіаліну, який формує в подальшому м'який кератин волосся. Внутрішні шари волосяної цибулини мають структуру, найбільш наближену до міжнейронних тканин голов-

ного мозку та ін. Це дає нам можливість, вивчаючи гістохімічні особливості внутрішніх шарів волосяної цибулини, зробити висновок про стан різних тканин в організмі людини [2, 8].

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано в межах НДР кафедри реабілітації та здоров'я людини Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького на тему «Особливості фізичної терапії захворювань екстрапірамідної нервової системи та церебральних транзиторних ішемічних нападів і супутніх синдромів» (номер держреєстрації 0120U100690), заплановану до 2024 р.

Мета дослідження: вивчити вплив фізичного навантаження на ультраструктурні морфологічні зміни тканин волосяних фолікулів голови людини та на їх прикладі зробити висновок про зміни морфологічної структури тканин в організмі під час фізичних навантажень загалом та застосування засобів фізичної реабілітації.

Матеріали і методи. У дослідженні взяли участь 50 студентів і співробітників—добровольців Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького віком від 21 до 45 років різної статі без суттєвих скарг та хронічних захворювань, яких було розподілено на дві групи: контрольну (25 чоловік, які не займалися фізично та в процесі життєдіяльності виявляли недостатню рухову активність) та основну групу (25 чоловік), в якій фізичне навантаження відтворювали шляхом застосування протягом чотирьох місяців занять фізичного виховання у спортивному залі кафедри фізичного виховання і спорту названого університету, з елементами фітнесу, гімнастичних та силових вправ.

Дослідження ультраструктурних морфологічних змін проводили в електронно-мікроскопічній лабораторії Львівського національного медичного університету ім. Данила Галицького. Ультраструктуру волосяного фолікула та його зрізів у нормі та патології досліджували таким методом. У людей в потиличній ділянці голови брали волосини разом з волосяним фолікулом і одразу ж розміщували у велику краплю 2 %-го розчину чотириокису осмію на 0,2 М фосфатному буфері (рН 7,36). Після цього знежиреною в ацетоні бритвою відрізали кератинізовану частину волосини, а волосяний фолікул швидко переносили в іншу краплю фіксуючого розчину цього самого складу, поміщену на плитку зуболікарського воску, що лежала на льодяній пластинці. Потім блоки тканини (волосяні фолікули) фіксували

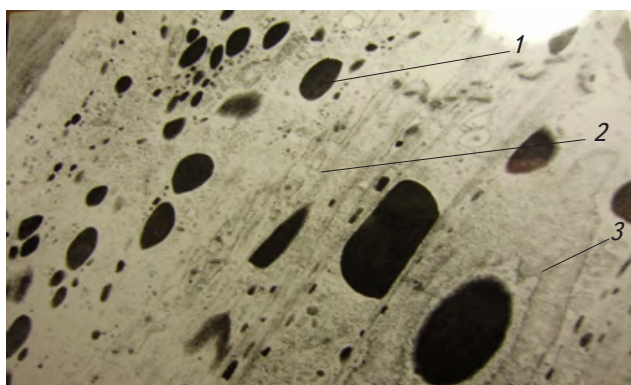


Рисунок 1 – Ділянка тканини волосяного фолікула осіб контрольної групи, які не практикували фізичні заняття та не виявляли в побуті достатньої рухової активності

2 %-м розчином чотириокису осмію на 0,1 М фосфатному буфері (рН 7,36) із сахарозою протягом 2 год на льодяній пластинці. Після цього їх відмивали буферним розчином цього ж складу. Для підготовки до просолення водонерозчинними смолами відмиті від залишків фіксаторів блоки тканини проводили через спирти зростаючої міцності (схема проводки в розчинах етилового спирту: 40 % – три свіжі порції по 10 хв; 70 % – три свіжі порції по 10 хв; 96 % – дві свіжі порції по 20 хв) і ацетон (схема проводки в ацетоні: ацетон марки «особливо чистий» – шість свіжих порцій по 15 хв). Потім зневоднені шматочки розміщували в епон-аралдит. Склад водонерозчинної смоли для заливання, що містить епон 812 і аралдит за А. Hanert (1975): епон 812 – 5 мл, аралдит М – 3 мл, ДДСА – 11 мл, дибутилфталат – 0,4 мл, ДМП-30 – 15 крапель.

Розміщення блоків в епон-аралдит здійснювали шляхом проведення через розчини зростаючої концентрації смоли (схема проведення: суміш ацетону та смоли у співвідношенні 3:1 – одна свіжа порція на 2 год; суміш ацетону та смоли у співвідношенні 1:1 – одна свіжа порція на 2 год; чиста смола – одна свіжа порція на 12 год при кімнатній температурі). Для кращого просочування матеріал разом із сумішшю смола + ацетон ставили в гнізда центрифуги з 10 обертами за 1 хв. Потім блоки занурювали в епон-аралдит, що знаходився в желатинових капсулах. Полімеризацію матеріалу проводили ступенево при температурі 36, 45 та 60° С протягом 24 год.

Ультратонкі зрізи готували на ультрамікротомі УМТджП,-3 з допомогою скляних ножів, виготовлених на приладі ССН-1. Для дослідження відбирали зрізи сріблястого або ніжно-лимонного кольору. Зрізи контрастували спочатку в 2 %-му розчині уранілацетату (Stempac, Warol, 1964), а потім – цитрату свинцю (Reynolds, 1963).

Вивчення та фотографування матеріалу проводили з допомогою мікроскопа УЕМВ-100К в умовах прискорюючої напруги 75 кВ і збільшенні на екрані мікроскопа 2000X–124000X з наступним фотографуванням та цифровою обробкою мікрофото.

Результати дослідження та обговорення. Після систематизації та цифрової обробки отриманих мікрофотографій подаємо найбільш характерне зображення, що відображає всю вибірку ультрамікроскопічної картини волосяних фолікулів в контрольній та основній групах.

На рисунку 1 видно ліпідні і білкові включення між колагеновими та еластичними волокнами (3), зону апарату Гольджі, яка займає певні межі. Візуалізуються мембрани клітин та органел (2), які в окремих місцях дещо розрихлені. У клітинах візуалізуються мітохондрії та реєструється значна кількість піноцитозних пухирців і гранул трихогліаліну (1).

На рисунку 2 видно меншу кількість ліпідних і патогенно-білкових включень між колагеновими та еластичними волокнами порівнянно з контрольною групою. Зона апарату Гольджі знаходиться в більш вузьких межах ніж на рисунку 1. Мембрани клітин та органел не розрихлені. Кількість мітохондрій дещо більша, ніж у осіб контрольної групи. Кількість піноцитозних пухирців та гранул трихогліаліну, навпаки, реєструється в меншій мірі, що свідчить про відсутність застійних явищ у клітинах та міжклітинній речовині.

Як видно з таблиці 1, середнє значення вмісту мітохондрій в клітинах зони Гексле внутрішньої піхви волосяного фолікула у осіб, які не займалися фізично, було статистично достовірно меншим, ніж в осіб, які регулярно відвідували

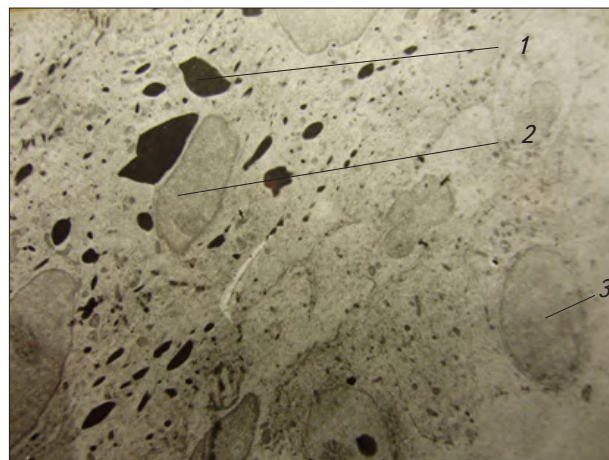


Рисунок 2 – Ділянка тканини волосяного фолікула осіб основної групи, які регулярно відвідували фізичні заняття

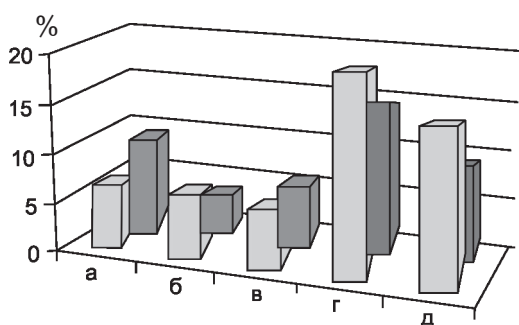


Рисунок 3 – Порівняльна характеристика морфологічних елементів ультрамікроскопічної картини в тканинах волосяних фолікулів контрольної (■) і основної груп (□) обстежуваних: а – мітохондрії; б – ліпідні включення; в – білкові включення; г – гранула трихогліаліну; д – піноцитозні пухирці

фізичні заняття. Значення вмісту різноманітних включень, таких, як неметаболізованих ліпідів та гранул трихогліаліну було статистично достовірно меншим у осіб основної групи.

Вміст білкових включень, як видно на рисунку 3, практично не змінився.

Спостерігається значно менша кількість піноцитозних пухирців у тканинах осіб основної групи. Такі результати досліджень можна пояснити таким чином. При побутовій адинамії та інших формах недостатності рухової активності виникають субклінічні порушення жирового (холестеринового) і білкового обміну (метаболічний синдром), які не помічаються на початкових стадіях, і люди вважають себе практично здоровими, але в тканинах і артеріях еластичного і м'язово-еластичного типу вже розвиваються характерні зміни. Вони відображають динаміку застійних явищ та майбутнього атеросклеротичного процесу, його морфогенез і представлені «доліпідними змінами», ліпоїдозом, ліпосклерозом, атероматозом, атерокальцинозом [10, 11]. «Доліпідні зміни» пов'язані з процесами підвищеної проникності мембран клітин для речовин порушеного обміну (грубодисперсні білки, фібриноген, «інертний» холестерин, його естери, піноцитозні пухирці, ліпопротеїди, мукопротеїди,

гіалуронідаза). У результаті цього вони надходять із крові в інтиму (інсудація, плазматичне просочування, мукоїдний набряк інтими). Ряд речовин порушеного обміну, зокрема ліпіди, холестерин, фібрин, білкові включення, гранули гліаліну та ін. добре виявляються під час електронно мікроскопічного дослідження в тканинах. Мітохондрії на мікрофотографіях основної групи осіб візуалізувались більшими за розмірами, мали вищу електронну щільність, матрикс, об'єм та кількість крист, ніж у контрольної групи осіб. Загалом, у осіб, які демонстрували протягом певного часу підвищену рухову активність порівняно з групою осіб зі зниженою руховою активністю, картина ультраструктурної організації, як видно з мікрофотографії, була значно кращою. Усе це свідчить про активацію транскрипційних фізіологічних процесів під впливом фізичного навантаження, імовірно внаслідок стимуляції енергогенеруючих та інших фізіологічних саногенно-регуляторних процесів в організмі.

Висновки

1. Встановлено особливості змін ультраструктури волосяних фолікулів осіб, котрі перебували під впливом регулярного фізичного навантаження, порівняно з такою у осіб, які не займалися фізично та в процесі життєдіяльності виявляли недостатню рухову активність.

2. Ультраструктура тканин на прикладі волосяних фолікулів є кращою у осіб, які регулярно займаються фізичними заняттями та не страждають на гіподинамію.

Перспективи подальших досліджень.

Отримані результати свідчать про необхідність подальшого вивчення змін у тканинах, зокрема волосяних фолікулах, не тільки під час фізичних навантажень у здорових осіб, але і у хворих для оцінки за вказаними морфологічними змінами, рівня впливу засобів фізичної терапії при різних захворюваннях для розробки шляхів їх корекції, що допоможе створити підґрунтя для покращення засобів фізичної реабілітаційної терапії різних патологій та покращення здоров'я населення за-

ТАБЛИЦЯ 1 – Характеристика ультрамікроскопічної картини морфологічних змін у тканинах волосяних фолікулів різних груп обстежених

Показник	Мітохондрії, % об'єму цитоплазми	Ліпідні включення, % ділянки мікрофотографії	Білкові включення, % ділянки мікрофотографії	Гранули трихогліаліну	Піноцитозні пухирці
Середнє значення в контрольній групі	6,6 ± 0,34	6,56 ± 0,27	6,08 ± 0,29	19,9 ± 0,43	15,6 ± 0,40
Середнє значення в основній групі	9,2 ± 0,37	3,8 ± 0,25	5,72 ± 0,08	14,52 ± 0,37	9,16 ± 10,9
Коефіцієнт Стьюдента	t = 5,06 p < 0,05	-7,4 p < 0,05	-6,5 p < 0,05	9,26 p < 0,05	10,9 p < 0,05

галою. Висловлюємо щире подяку за допомогу під час проведення досліджень канд. біол. наук,

зав. лабораторії електронно-мікроскопічних досліджень Ковалишину В. С.

Література

1. Андрійчук ОЯ. Основні положення концепції фізичної реабілітації хворих на дегенеративно-дистрофічні захворювання [The main provisions of the concept of physical rehabilitation of patients with degenerative-dystrophic diseases]. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. 2015; 15: 24-9.

2. Держинський МЕ. В: Гістологія [Histology] [Навчальний посібник]. ГВ Островська, НВ Скрипник, СМ Гарматіна. Київський університет; 2012. 243 с.

3. Кашуба В, Алешина А, Прилуцкая Т, Руденко Ю, Лазько О, Хабинец Т. К вопросу использования современных занятий профилактико-оздоровительной направленности с людьми зрелого возраста. [On the issue of using modern preventive and health-improving classes for people of mature age] Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. 2018; 29: 50-8.

4. Кашуба ВО, Хмельницкая И. Биомеханические технологии в практике адаптивного физического воспитания [Biomechanical technologies in the practice of adaptive physical education]. Стратегия развития спорта для всех и законодательных основ физической культуры и спорта в странах СНГ: Международный научный конгресс (Кишинев, 24–25 сент. 2008 г.). Chisinau: USEFS; 2008. 481-6.

5. Кашуба ВО, Кашуба ВА, Носова НЛ, Дудко, НА Одноралова. Визуальный скрининг биометрического профиля осанки студентов в про-

цессе физического воспитания [Visual screening of the biogeometric profile of students' posture in the process of physical education]. Сучасні біомеханічні та інформаційні технології у фізичному вихованні і спорті : матеріали III Всеукраїнської електронної конференції (Київ, 18 червня 2015 р.) ред. В. О. Кашуба. Київ; Олімп. л-ра; 2015. 72-6.

6. Луцк ОД, Іванова АІ, та ін. Гістологія людини [Human histology]. Київ: «Книга плюс»; 2003. 592 с.

7. Пастухова ВА. Експериментальні дослідження ультраструктурних змін литкового м'яза під впливом фізичного навантаження [Experimental studies of ultrastructural changes in the calf muscle under the influence of exercise] Вісник запорізького національного університету. 2013; 2 (8): С. 255-62.

8. Сиволоб АВ. Молекулярна біологія [Molecular biology] Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет»; 2008. 384 с.

9. Футорний СМ. Сучасний стан та актуальні проблеми фізичної реабілітації в Україні [Current state and current problems of physical rehabilitation in Ukraine]. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. 2016; 2 (69)16: 84-8.

10. Kennedy AJ, Ellacott KL, King VL, Hasty AH. Mouse models of the metabolic syndrome. Dis Model Mech. 2010 Mar-Apr;3(3-4):156-66.

11. Savitskiy IV, Sliusar AA, Miastkovskaja IV. Multifactorial modeling of atherosclerosis in rats. J Educ Health Sport. 2016;6(3):233-40.

lajboxnet@gmail.com

Надійшла 09.03.2020