1.Sosina, V.lu. (2020). Osoblyvosti khoreohrafichnoi pidhotovky v sporti [Features of choreographic training in sport]. *Dance studies,* 3, 1, 72–79. [in Ukrainian].

2.Todorova, V., & Pasichna, T. (2016). Kryterii khoreohrafichnoi pidhotovlenosti sportsmeniv u skladnokoordinatsiinykh vydakh sportu [Criteria for assessing the choreographic preparedness of athletes in complex coordination sports]. *Fizychna aktyvnist, zdorov'ia i sport – Physical activity, health and sport*, 4 (26), 50–56. [in Ukrainian].

3.Todorova, V. (2017). Mistse khoreohrafichnoi pidhotovky v systemi pidhotovky sportsmeniv u tekhniko-estetychnykh vydakh sportu [The place of choreographic training in the system of training athletes in technical and aesthetic sports]. *Fizychna aktyvnist, zdorov'ia i sport – Physical activity, health and sport*, 1 (27), 61–67. [in Ukrainian].

4.Todorova, V., Sosina, V., & Pohorelova, O. (2018). Udoskonalennia prohramy khoreohrafichnoi pidhotovky v sportyvnii aerobitsi na etapi pochatkovoi pidhotovky [Improvement of the choreographic training programme in sports aerobics at the initial training stage]. *Fizychna aktyvnist, zdorov'ia i sport – Physical activity, health and sport*, 2 (32), 44–50. [in Ukrainian].

5.Todorova, V., Fidirko, M., Pasichna, T., & Podhorna, V. (2019). Udoskonalennia zmistu khoreohrafichnoi pidhotovky v sportyvnii aerobitsi na etapi poperednoi bazovoi pidhotovky [Improving the content of choreographic training in sports aerobics at the preliminary basic training stage]. *Sportyvna nauka Ukrainy – Sports science in Ukraine*, 1 (89), 93–99. [in Ukrainian].

DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2026.01(200).38
УДК 611.721.1/796.015.62

Сак А.Є.
кандидат біологічних наук, доцент
Харківська державна академія фізичної культури, м. Харків
http://orcid.org/0000-0002-8491-3434
Антіпова Р.В.
старший викладач
Харківська державна академія фізичної культури, м. Харків
http://orcid.org/0000-0002-7172-4597

ЗМІНИ УЛЬТРАСТРУКТУРИ КЛІТИН МІЖХРЕБЦЕВОГО ДИСКА ПІД ВПЛИВОМ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ У ВІКОВОМУ АСПЕКТІ

В статті розглянуто проблему ушкоджуючої дії на міжхребцевий диск тривалих динамічних навантажень в різні вікові періоди.

Дослідження виконано на самцях щурів лінії Вістар трьох вікових груп. Всього в дослідах спостерігалися 90 тварин дослідної серії та 90 тварин контрольної серії. Динамічні навантаження створювалися бігом в горизонтальному тредбані. За допомогою гістохімічних методів проведено аналіз змін активності ізоферментів лактатдегідрогенази (ЛДГ) у клітинах міжхребцевих дисків щурів лінії Вістар після 20-добового та 90-добового експериментального бігу.

Методами гістохімії з'ясовано зміну активності ізоферментів лактатдегідрогенази в клітинах міжхребцевих дисків при тривалих динамічних навантаженнях у різні вікові періоди. Пошкодження тканин міжхребцевого диска є передумовою пошкодження рухового хребтового сегмента у цілому. Тому отримані показники активності лактатдегідрогеназі, а саме її ізоферментів, можуть служити гістохімічним тестом для об'єктивної оцінки ступеня ушкоджуючої дії тривалого динамічного навантаження на волокнистий хрящ в різні вікові періоди.

Експериментально встановлено, що зміни активності ізоферментів лактатдегідрогенази залежать від віку тварин та тривалості динамічних навантажень. Відзначено зниження у клітинах міжхребцевого диска активності ЛДГ-1 та ЛДГ-2 ізоферментів, але підвищення активності ЛДГ-3 та ЛДГ-4 ізоферментів.

Ключові слова: *лактатдегідрогеназа, міжхребцевий диск, тредбан, експериментальний біг.*

Andrii Sak & Raisa Antipova. Changes in the ultrastructure of intervertebrate disc cells under the influence of dynamic loads in age-related aspects. *The article considers the problem of the damaging effect of prolonged dynamic loads on the intervertebral disc at different age periods.*

The study was performed on male Wistar rats of three age groups. Dynamic loads were created by running on a horizontal treadmill. Using histochemical methods, an analysis of changes in the activity of lactate dehydrogenase isoenzymes in the cells of the intervertebral discs of Wistar rats after 20-day and 90-day experimental running was carried out.

Histochemical methods revealed changes in the activity of lactate dehydrogenase isoenzymes in the cells of the intervertebral discs at prolonged dynamic loads at different age periods. Damage to intervertebral disc tissues is a prerequisite for damage to the motor spinal segment as a whole. Therefore, the obtained indicators of lactate dehydrogenase activity, namely its isoenzymes, can serve as a histochemical test for objective assessment of the degree of damaging effect of prolonged dynamic load on fibrous cartilage in different age periods.

The analysis showed that dynamic loading contributes to biochemical changes in the activity of lactate dehydrogenase isoenzymes in intervertebral disc cells.

It was experimentally established that changes in the activity of lactate dehydrogenase isoenzymes depend on the age of the animals and the duration of dynamic loads. A decrease in the activity of LDH-1 and LDH-2 isoenzymes in the cells of the intervertebral disc was noted, but an increase in the activity of LDH-3 and LDH-4 isoenzymes.

Keywords: *lactate dehydrogenase, intervertebral disc, experimental running.*

Постановка проблеми. Всесвітня організація охорони здоров'я розробила «Глобальний план дій ВООЗ щодо підвищення рівня фізичної активності на 2018-2030 рр». Презентовані національні рекомендації зі здорового харчування та здорового способу життя стосуються і фізичної активності, в тому числі покращення функціонального стану кісток та суглобів. Така увага пояснюється високою соціальною значимістю поразок кістково-суглобової системи та, передусім, хребта та великих суглобів [16]. Ця глобальна акція, покликана підвищити якість життя осіб із захворюваннями опорно-рухового апарату, залишається актуальною й у третьому десятилітті XXI століття.

Аналіз літературних джерел. Захворювання кісток та суглобів за поширеністю у світі посідають друге місце після артеріальної гіпертензії. Серед цих поразок основною причиною залишаються захворювання хребта, де важливою ланкою є міжхребцевий диск [4; 12]

Питання ранньої діагностики, патогенезу та лікування захворювань кістки та хряща мають високу актуальність. Також актуальною залишається проблема адаптації міжхребцевого диска до різних режимів рухової активності. Фізичне навантаження сприймається як потужний екзогенний чинник, що впливає на всі системи організму.

Підвищені фізичні навантаження широко використовуються у фізичній культурі та спорті високих досягнень. Відзначено розвиток у спортсменів міжхребцевого остеохондрозу, що веде до втрати професійної працездатності [3].

При цьому в спорті використовуються режими і гіпердинамії та гіперкінезії, але пріоритетним тренувальним навантаженням залишається біг [1; 5; 10]. Однак саме вплив динамічних навантажень на кістково-суглобову систему вивчено недостатньо. Недостатньо вивчено також зміни міжхребцевого диска в умовах фізичних навантажень у віковому аспекті. Сучасний спорт потребує раннього початку тренувального процесу. З іншого боку, саме біг дедалі більше використовується у системі оздоровлення осіб похилого віку. Це визначає актуальність вивчення вікових особливостей адаптаційних перебудов міжхребцевого диска під час бігу.

Таким чином, ураження кістково-суглобової системи, особливо великих суглобів та хребта, має високу соціальну значущість. В основі клінічних проявів болю в спині в більшості випадків лежить ураження міжхребцевих дисків. Такі випадки зареєстровані при перевантаженні хребта [11; 14], а також при неадекватному фізичному навантаженні у спорті [8]. Тому з'ясування адаптаційних можливостей хряща при фізичних навантаженнях є актуальним завданням.

Показовою моделлю для вивчення процесів анаеробного та аеробного обміну при різних режимах рухової активності є реакція лактатдегідрогенази. Існують окремі повідомлення про активність цієї реакції в сироватці крові спортсменів [6]. Цінність гістохімічних досліджень полягає в їх здатності локалізувати біохімічну реакцію та оцінити активність реакції в структурах клітини.

Мета дослідження. Методами гістохімії з'ясувати зміну активності ізоферментів лактатдегідрогенази (ЛДГ) в клітинах міжхребцевих дисків при тривалих динамічних навантаженнях у віковому аспекті.

Дослідження виконано на щурах-самцях лінії Вістар трьох вікових груп: 1, 3 та 12-місяців, що відповідає статевонезрілому, пубертатному та старому віку. Всього в дослідах спостерігалися 90 тварин дослідної серії та 90 тварин контрольної серії.

Тварини тренувалися бігом в горизонтальному тредбані з використанням електронного лічильника для визначення довжини пробігу. Щури I групи пробігли протягом 20 днів 10560 м, а II групи, протягом 90 днів – 17280 м.

Для всіх вікових груп експериментальної серії розраховано максимальну швидкість бігу та вибрано однакову швидкість руху стрічки тредбану – 40 м/хв. Така швидкість дозволила використовувати у дослідах тривалий біг. Тварини контрольної серії знаходилися в звичайних умовах віварію. Утримання тварин та експериментальне дослідження проводилися відповідно до положень «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей» [9].

Дослідження проведені з використанням методів макро-мікроскопії, гістології (гематоксилін-еозин) та гістохімії. У гістохімічних реакціях використовуються ферменти, що відображають стан анаеробних систем енергозабезпечення в клітинах: лактатдегідрогенази (К.Ф.1.1.1.27), її ізоферментів. Лактатдегідрогеназа **–** фермент анаеробного гліколізу, що каталізує перетворення пірувату на лактат [2; 15]. Методом спектрофотометрії зазвичай визначається активність ЛДГ і п'яти її ізоформ. Гістохімічними методами виявлено чотири ізоферменти ЛДГ: ЛДГ-1, ЛДГ-2, ЛДГ-3, ЛДГ-4. Реакції поставлені на заморожених в кріостаті зрізах міжхребцевого диска, зроблених паралельно основі тіл хребців. Товщина зрізів складала 4-5 мкм. Постановка гістохімічних реакцій здійснювалася з дотриманням однотипних умов і з урахуванням рекомендацій щодо обробки й оцінки результатів гістоензимологічних досліджень [13]. Контрольні зрізи інкубували за тих же умов без субстрата.

Кількісна оцінка активності ферментів проведена на двопроменевому скануючому цитофотометрі МУФ-5. Вимірювання проводилися плаг-методом з використанням зонда діаметром 200 мкм і об'єктиву 50 і при робочій довжині хвилі 546 нм. Показники екстинкції визначалися в п'яти точках цитоплазми кожної клітини, після чого розраховувалося середнє значення. До вимірювань визначалася придатність матеріалу для фотометричних робіт з реєстрацією спектру поглинання на об'єктах різної щільності.

Отриманий цифровий матеріал біометричних і цитофотометричних досліджень оброблений методом варіаційної статистики.

Виклад основного матеріалу дослідження. Після 20-денного бігу тварин в тредбані помічалася зміна орієнтації колагенових волокон і клітин фіброзного кільця міжхребцевих дисків. Після 90-денного бігу виявлялися зміни форми, будови і внутрішньої організації міжхребцевих дисків. На території фіброзного кільця відбувалося разволокнення пучків колагенових волокон, порушення ходу фіброзних пластинок та орієнтації клітин. У вентральних відділах фіброзного кільця з'являлися кровоносні судини, що були орієнтовані продовж фіброзних пластинок. Ознаки дистрофічних змін були особливо виражені в міжхребцевих дисках тварин вікових груп 1 та 12-місяців.

В умовах гіперкінезії змінювалася морфологія клітин фіброзного кільця і активність ферментів. Активність ЛДГ змінювалася, але ступінь змін визначався віком тварин і рівнем фізичного навантаження (Рис.1).

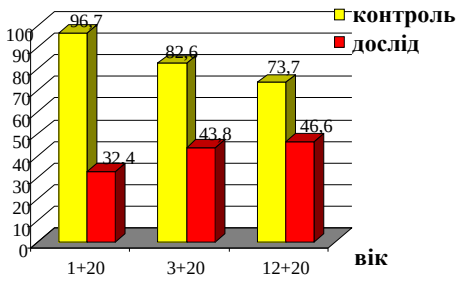


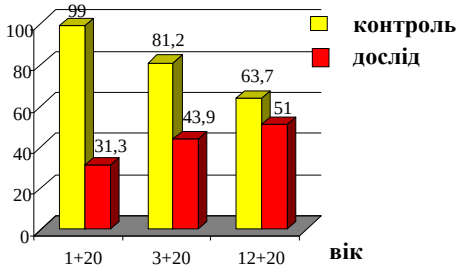
Рис.1. Показники активності сумарної ЛДГ в клітинах фіброзного кільця після 20-денної гіперкінезії. Вік тварин: 1, 3 і 12 місяців + 20 днів бігу.

У серії 1+20 гіперкінезії помічено зниження до 80% кількості активних клітин. Активність ЛДГ знижувалася в порівнянні з контролем на 66,49%.

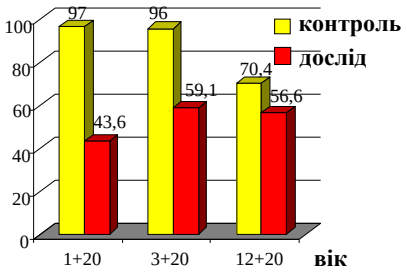
У серії 3+20 гіперкінезії активність ЛДГ знизилася на 46,97%.

У серії 12+20 гіперкінезії виявлено зміна активності на 37,6%. Що стосується ізоферментів ЛДГ після 20-денного бігу, то їх зміни були специфічні (Рис.2).

«Аеробні» ізоферменти ЛДГ

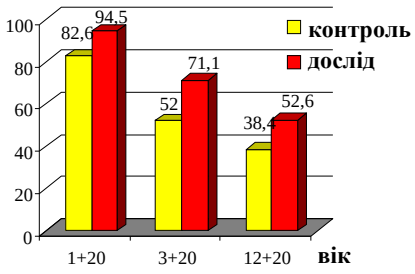


ЛДГ-1

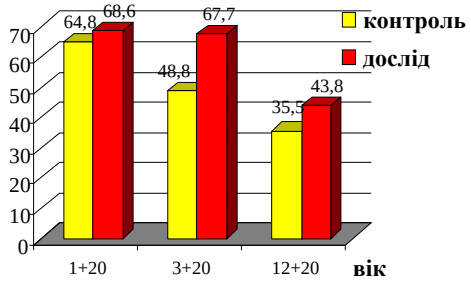


ЛДГ-2

«Анаеробні» ізоферменти ЛДГ



ЛДГ-3



ЛДГ-4

Рис.2. Показники активності ізоферментів ЛДГ в клітинах фіброзного кільця диска після 20-денного бігу. Вік тварин: 1, 3 і 12 місяців + 20 днів.

У серії 1+20 гіперкінезії активність ізоферментів ЛДГ змінювалася неоднаково. Значно знижувалася активність ЛДГ-1 (на 68,3%) і ЛДГ-2 (на 55%). У той же час підвищувалась активність ЛДГ-3 (на 12,6%) й ще менш, активність ЛДГ-4 (на 5,53%).

У серії 3+20 гіперкінезії з ізоферментів ЛДГ знижувалася: активність ЛДГ-1 (на 45,9%) і ЛДГ-2 (на 38,4%), тоді як активність ЛДГ-3 і ЛДГ-4 підвищувалася (на 26,9 й 27,9% відповідно).

У серії 12+20 гіперкінезії зміна активності ізоферментів ЛДГ виявлялася зниженням активності ЛДГ-1 і ЛДГ-2 (на 19,9% і 19,6% відповідно) й підвищенням активності ЛДГ-3 і ЛДГ-4 (на 26,9 і 18,9% відповідно).

Тривалий 90-денний біг викликав зміну активності ЛДГ, яка мала вікові відмінності. (Рис.3).

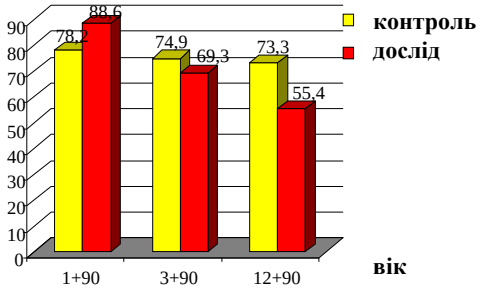


Рис.3. Показники активності сумарної ЛДГ в клітинах фіброзного кільця диска після 90-денного бігу. Вік тварин: 1, 3 і 12 місяців + 90 днів.

У серії 1+90 гіперкінезії активність ЛДГ підвищувалася на 11,7%.

У серії 3+90 гіперкінезії активність ЛДГ знижувалася на 75%.

У серії 12+90 гіперкінезії активність ЛДГ знижувалася на 24,4%.

Зміни активності ізоферментів ЛДГ також мали вікові відмінності (Рис.4).

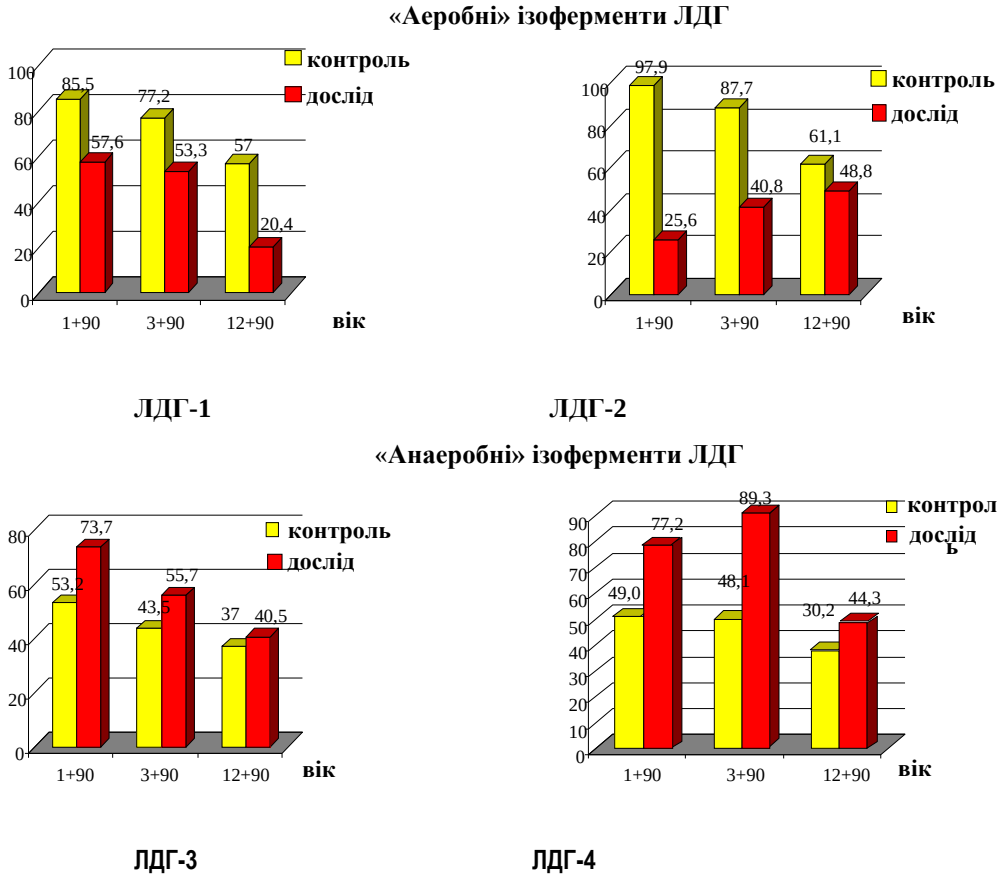


Рис. 4. Гістограма показників активності ізоферментів ЛДГ в клітинах фіброзного кільця після 90-денного бігу. Вік тварин: 1, 3 і 12 місяців + 90 днів бігу.

У серії 1+90 гіперкінезії активність ізоферментів ЛДГ змінювалася неоднаково. Встановлено зниження активності ЛДГ-1 ізофермента (на 32,6%) і ЛДГ-2 (на 73,8%), але виявлено підвищення активності ЛДГ-3 і ЛДГ-4 ізоферментів (на 27,8 і 6,6% відповідно).

У серії 3+90 гіперкінезії виявлено зміни активності ізоферментів ЛДГ: активність ЛДГ-1 знижувалася на 30,9%, ЛДГ-2 – на 53,5%; у той же час активність ЛДГ-3 підвищувалася на 21,9%, а ЛДГ-4 – на 46,1%.

У серії 12+90 гіперкінезії зміна активності ізоферментів ЛДГ після тривалої гіперкінезії виражалася зниженням активності ЛДГ-1 (на 64,8%) і ЛДГ-2 (на 20,1%) ізоферментів і підвищенні активності ЛДГ-3 (на 8,6%) і значніше - ЛДГ-4 (на 31,8%).

Отже, в умовах тривалих динамічних навантажень зниження активності ЛДГ у статевозрілих тварин супроводжується зміною співвідношення активності її ізоферментів.

У клітинах міжхребцевих дисків молодих тварин після 90-денного бігу чітко виявляється тенденція до зниження активності ізоферментів ЛДГ-1 і ЛДГ-2 та підвищенню активності ізоферментів ЛДГ-3 і ЛДГ-4.

У тварин старших вікових груп, в умовах гіперкінезії мало місце найбільш значне зниження активності ЛДГ Таким чином, у тварин різних віків є схожість реакції клітин на високі динамічні навантаження, але при певній відмінності в кількісному виразі цих реакцій.

Таким чином, в умовах гіперкінезії мали місце зміни активності сумарної ЛДГ, загальною спрямованістю яких було її зниження у тварин зрілого і старшого віку груп з тонкою реакцією ізоферментів на зміну структури і функції міжхребцевих дисків. Тільки у статевонезрілих тварин активність сумарної ЛДГ, при тривалому бігу, підвищувалася.

При цьому зниження активності сумарної ЛДГ супроводжувалося зниженням активності більш "аеробних" ЛДГ-1 і ЛДГ-2, але підвищенням активності більш "анаеробних" ЛДГ-3 і ЛДГ-4 ізоферментів.

Також відмічено, що зміни метаболізму вуглеводів в умовах тривалої гіперкінезії поєднуються з активацією апоптозу клітин міжхребцевого диска і гіалінового хряща. Активація апоптозу свідчить про прискорення інволютивних процесів в міжхребцевих дисках в умовах тривалих динамічних навантажень, та розповсюдженні дистрофічних процесів. Це підтверджує високу механосенситивність на фізичне навантаження не тільки гіалінового, але й волокнистого хряща.

Висновки. Проведений аналіз показав, що динамічне навантаження сприяє біохімічним змінам активності ЛДГ в клітинах міжхребцевих дисків.

Після 20-денного бігу активність сумарної ЛДГ в клітинах фіброзного кільця знижувалась у тварин всіх вікових періодів при максимальному зниженні її у молодих щурів. Після 90-денного бігу активність сумарної ЛДГ була більш стійкою. Значне зниження її активності виявлено тільки у старих щурів. Щодо ізоферментів ЛДГ, то зміна їх активності мала різноспрямований характер. Характерною реакцією на динамічні навантаження була зміна в клітинах співвідношення активності "аеробних" та "анаеробних" ізоферментів ЛДГ, що залежали від віку тварин і тривалості бігу.

Тривалі фізичні навантаження обумовлювали зниження активності саме аеробних ізоформ – ЛДГ-1 і ЛДГ-2 і особливо, більш ніж вдвічі, у молодих тварин після 20-денного бігу.

90-денний біг теж сприяв зниженню активності аеробних ізоформ і особливо ЛДГ-2 у молодих тварин. Щодо анаеробних ізоформ ЛДГ, то активність їх підвищувалась у щурів досліджених вікових груп, й особливо після 90-денного бігу.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на з'ясування зміни активності ферментів окислювально-відновного циклу в умовах динамічних навантажень для підвищення надійності діагностики стану міжхребцевого диска в умовах фізичних навантажень.

Література

1. Архипенко В.О., Бузько В.І., Ведула С.А., Шаріпова Д.С., Олексієнко Я.І. Основи теорії фізичного виховання (теоретичний курс для курсантів і студентів спеціальних вищих навчальних закладів). Навчальний посібник. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. Черкаси, 2018. 232 с.

2. Губський Ю.І. Біологічна хімія. Підручник. Київ-Тернопіль: Укрмедкнига, 2000. 508 с.

3. Макарова Е.В., Васильєва І.В. Деякі причини поширення остеохондрозу хребта серед спортсменів. Вісник Запорізького національного університету. Серія: Фізичне виховання і спорт. № 2(8). Запоріжжя, 2010. С. 200-206.

4. Свиридова Н.К., Середа В.Г., Попов ОВ., Павлюк Н. П., Усович К.М., Свистун В.Ю. Дегенеративно-дистрофічні захворювання хребта: особливості діагностики та лікування. Східно-європейський журнал по неврології. № 2(02), 2015. С.14-26.

5. Сокирко О.С., Клопов Р.В. Теорія спортивного тренування: Навчальний посібник для студентів факультету фізичного виховання освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напрямів підготовки «Фізичне виховання», «Спорт», «Здоров'я людини». Запоріжжя: ЗНУ, 2014. 113 с.

6. Чернозуб А.А. Показники вмісту лактатдегідрогенази у крові юнаків з різним рівнем фізичної підготовки під час тренувального процесу з атлетизму. Миколаївський національний університет ім. В.О. Сухомлинського. Проблеми фізичного виховання і спорту № 5, 2011 С. 111-114.

7. Brown S, Christenson R, Dietzen D, El-Khoury J, Oladipo O, Platteborze P, Reineks E, Schmidt A, Wang S, Wu A,. Diagnostic Enzymology: Walter de Gruyter, 2014.

8. Chaudhary A., Chauhan V. Lactate Dehydrogenase as an indicator of Liver Diseases. J Adv Med Dent Scie Res, №3(5), 2015. P. 20-22.

9. European convention for the protection of vertebral animals used for experimental and other scientific purpose: Council of Europe. Strasbourg. 18.03.1986.

10. Jack H. Wilmore, David L. Costill, W. Larry Kenney. Physiology of Sport and Exercise. Human Kinetics, 2008. 574 p.

11. Justin A., Iorio, Andre M. Jakoi, Anuj Singl (2016). "Biomechanics of Degenerative Spinal Disorders". Asian Spine Journal. 10(2), April 2016, P. 377-384.

12. Oichi T, Taniguchi Y, Oshima Y, Tanaka S, Saito T. Pathomechanism of intervertebral disc degeneration. JOR Spine, 3(1):e1076, 2020.

13. Rider C, Taylor C. Isoenzymes. London. 1980, 80 p.

14. Vieira LA, Dos Santos AA, Peluso C, Barbosa CP, Bianco B, Rodrigues LMR. Influence of lifestyle characteristics and VDR polymorphisms as risk factors for intervertebral disc degeneration: a case-control study. European Journal of Medical Research. Feb 21, 23(1), 2018.

15. Wei D, Wei L, Li X, Wang Y, Wei L. Effect of Hypoxia on Ldh-c Expression in Somatic Cells of Plateau Pika. Int J Environ Res Public Health. Aug 1;13(8), 2016.

16. World Health Organization. Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world. – Geneva: WHO, 2018.

References

1. Arkhypenko V.O., Buz'ko V.I., Vedula S.A., Sharipova D.S., Oleksiyenko YA.I. Osnovy teoriyi fizychnoho vykhovannya (teoretychnyy kurs dlya kursantiv i studentiv spetsial'nykh vyshchykh navchal'nykh zakladiv). Navchal'nyy posibnyk. Cherkas'kyy instytut pozhezhnoyi bezpeky imeni Heroyiv Chornobylya NUTSZ Ukrayiny. Cherkasy, 2018. – 232 s.

2. Hubs'kyy YU.I. Biolohichna khimiya. Pidruchnyk. Kyyiv-Ternopil': Ukrmedknyha, 2000. 508 s.

3. Makarova E.V., Vasyl'yeva I.V. Deyaki prychyny poshyrennya osteokhondrozu khrebta sered sport·smeniv. Visnyk Zaporiz'koho natsional'noho universytetu. Seriya: Fizychne vykhovannya i sport. № 2(8). Zaporizhzhya, 2010. S. 200-206.

4. Svyrydova N.K., Sereda V.H., Popov OV., Pavlyuk N. P., Usovych K.M., Svystun V.YU. Deheneratyvno-dystrofichni zakhvoryuvannya khrebta: osoblyvosti diahnostyky ta likuvannya. Skhidno-yevropeys'kyy zhurnal po nevrolohiyi. № 2(02), 2015. S.14-26.

5. Sokyrko O.S., Klopov R.V. Teoriya sportyvnoho trenuvannya: Navchal'nyy posibnyk dlya studentiv fakul'tetu fizychnoho vykhovannya osvitn'o-kvalifikatsiynoho rivnya «bakalavr» napryamiv pidhotovky "Fizychne vykhovannya", "Sport", "Zdorov'ya lyudyny". Zaporizhzhya: ZNU, 2014. 113 s.

6. Chernozub A.A. Pokaznyky vmistu laktatdehidrohenazy u krovi yunakiv z riznym rivnem fizychnoyi pidhotovky pid chas trenuval'noho protsesu z atletyzmu. Mykolayivs'kyy natsional'nyy universytet im. V.O. Sukhomlyns'koho. Problemy fizychnoho vykhovannya i sportu № 5, 2011 S. 111-114.

7. Brown S, Christenson R, Dietzen D, El-Khoury J, Oladipo O, Platteborze P, Reineks E, Schmidt A, Wang S, Wu A,. Diagnostic Enzymology: Walter de Gruyter, 2014.

8. Chaudhary A., Chauhan V. ,Lactate Dehydrogenase as an indicator of Liver Diseases. J Adv Med Dent Scie Res, №3(5), 2015. P. 20-22.

9. European convention for the protection of vertebral animals used for experimental and other scientific purpose: Council of Europe. Strasbourg. 18.03.1986.

10. Jack H. Wilmore, David L. Costill, W. Larry Kenney. Physiology of Sport and Exercise. Human Kinetics, 2008. 574 p

11. Justin A., Iorio, Andre M. Jakoi, Anuj Singl (2016). "Biomechanics of Degenerative Spinal Disorders". Asian Spine Journal. 10(2), April 2016, P. 377-384.

12. Oichi T, Taniguchi Y, Oshima Y, Tanaka S, Saito T. Pathomechanism of intervertebral disc degeneration. JOR Spine, 3(1): e1076, 2020.

13. Rider C, Taylor C. Isoenzymes. London. 1980, 80 p.

14. Vieira LA, Dos Santos AA, Peluso C, Barbosa CP, Bianco B, Rodrigues LMR. Influence of lifestyle characteristics and VDR polymorphisms as risk factors for intervertebral disc degeneration: a case-control study. European Journal of Medical Research. Feb 21, 23(1), 2018.

15. Wei D, Wei L, Li X, Wang Y, Wei L. Effect of Hypoxia on Ldh-c Expression in Somatic Cells of Plateau Pika. Int J Environ Res Public Health. Aug 1;13(8), 2016.

16. World Health Organization. Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world. – Geneva: WHO, 2018.