

УДК 615 : 612.1

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2-12-19

**Бакуновський Олександр Миколайович**

Національний університет фізичного виховання і спорту України

[alexandr.bakunovskiy@gmail.com](mailto:alexandr.bakunovskiy@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6546-1025>

**Клименко Оксана Олександрівна**

Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України

[klymenkooks2018@gmail.com](mailto:klymenkooks2018@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3672-1371>

**Полторацька Ілана Євгенівна**

Національний університет фізичного виховання і спорту України

[namdim@gmail.com](mailto:namdim@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-9052-2122>

**Бабак Світлана Віталіївна**

Національний університет фізичного виховання і спорту України

[s.babak.s.1234@gmail.com](mailto:s.babak.s.1234@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6985-1394>

## ВПЛИВ ВІДНОВЛЕНОГО НІКОТИНАМІДАДЕНІНДИНУКЛЕОТИДУ НА ТОЛЕРАНТНІСТЬ ДО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

*Мета дослідження – вивчення впливу екзогенного НАДН на витривалість та переносність фізичного навантаження. Методи досліджень – функціональні, реографічні та статистичні методи дослідження.*

*В результаті приймання НАДН у таблетованій формі в основній групі через три тижні значення  $RWC_{170}$  тесту зросло на 42,5 вата, що становило приріст на 25,6% і було вірогідно вищим порівняно з контрольною групою та ніж до приймання препарату ( $p < 0,05$ ). В основній групі ЧСС після другого навантаження була вірогідно нижчою при другому обстеженні ( $p < 0,05$ ), а відновлення ЧСС під час другого обстеження було більш швидким ніж при першому. Спостерігалася тенденція до зниження та нормалізації дещо підвищеного початкового рівня АТ після 3-х тижнів прийому НАДН на 7,8%. Відмічено також підвищення функціональних можливостей серцево-судинної системи після приймання НАДН, що характеризувалося покращенням перебігом відновлення ПсАТ на 2-й і 3-й хвилині, особливо порівняно з тим, що при першому обстеженні значення ПсАТ на 2-й і 3-й хвилині відновлення були нижчими ПсАТ<sub>0</sub>.*

*Висновок: приймання відновленого НАД у таблетованій формі вірогідно підвищує рівень фізичної працездатності і толерантності до фізичного навантаження навіть при тривалій дії стресогенних факторів і відсутності фізичних тренувань, позитивно впливає на стан центральної гемодинаміки та сприяє нормалізації АТ у молодих осіб з ознаками артеріальної гіпертензії. В цілому, приймання екзогенного НАДН призвело до підвищення функціональних резервів серцево-судинної системи в осіб, що не займаються фізичними тренуваннями й може бути рекомендовано для збільшення толерантності до фізичного навантаження як у спортсменів, так і у людей, які не займаються спортом.*

*Ключові слова: НАДН, толерантність до фізичного навантаження, серцево-судинна система, артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, пульсовий артеріальний тиск, реограма, проба  $RWC_{170}$ .*

**Постановка проблеми.** Якість життя людини залежить від фізичної працездатності, яка визначається, впершу чергу, регулярною фізичною активністю. Однак, певні біологічно активні речовини мають вплив на показники фізичної працездатності. Серед них – нікотинамідаденідинуклеотид (НАД), який є складною органічною сполукою, коферментом, що міститься у всіх живих клітинах і бере участь у всіх процесах метаболізму. Особливу цікавість для можливого застосування для підвищення рівня працездатності та у спорті викликає саме відновлена форма НАД – нікотинамідаденідинуклеотид гідрид (НАДН).

Робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України «Вплив ендогенних та екзогенних факторів на перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності» (№ державної реєстрації 012U108187).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** НАДН є одним із найважливіших коферментів, присутніх у кожній живій клітині. Він каталізує більше тисячі метаболічних реакцій, найважливіша з яких є тригером для виробництва АТФ [1]. Крім того, він відіграє вирішальну роль у клітинній регуляції та відновленні ДНК [2], а також є стимулятором клітинної імунної системи [3]. Завдяки своєму високому окисно-відновному потенціалу НАДН має значну антиоксидантну здатність [4]. Вміст НАДН в органах і тканинах відображає потребу в ньому. Найвища концентрація виявлена в клітинах серця (90 мкг/г тканини), головного мозку (50 мкг/г тканини) і м'язів (50 мкг/г тканини) [5]. У зістареному організмі та у будь-якого пацієнта з хронічними захворюваннями може бути виявлений певний дефіцит НАДН [6] та дефіцит АТФ [7]. Це призводить до зниження доступності енергії клітин і органів. Порушення регуляції метаболізму НАДН пов'язане з різними захворюваннями, включаючи рак, метаболічні розлади та нейродегенеративні захворювання [1]. Дослідження *in vitro*, а також *in vivo* показали, що клітинний енергетичний метаболізм і виробництво АТФ можна покращити за допомогою екзогенного НАДН [8; 9]. У подвійному сліпому плацебо-контрольованому клінічному дослідженні, схваленому Управлінням продовольства та медикаментів (FDA), було продемонстровано, що приймання НАДН може покращити рівень енергії суб'єктів, які страждають від синдрому хронічної втоми [10].

Ми вважаємо, що націлювання на НАДН-залежні шляхи є потенційною стратегією терапевтичного втручання та може підвищити витривалість і ефективність фізичних вправ завдяки збільшенню здатності скелетних м'язів виробляти та використовувати НАДН, покращуючи енергетичний метаболізм і антиоксидантний захист.

**Мета роботи.** Дослідити вплив екзогенного НАДН на толерантність до фізичного навантаження.

**Матеріал та методи досліджень.** В дослідженні взяли участь 16 здорових добровольців (волонтерів) чоловічої статі – студентів 3 курсу медичного університету, які не займаються спортом, віком – 20 – 22 роки. Зріст – 169 – 185 см, маса тіла при першому обстеженні – 65 – 85 кг, при другому – 65 – 84 кг.

Рандомізовано волонтерів розподілили на дві групи по 8 осіб в кожній: дослідну та контрольну. Дослідження проводилось відповідно до правил подвійного сліпого дослідження. Волонтери з основної групи приймали активний НАДН у вигляді таблеток, що диспергують у ротовій порожнині, 3 тижні двічі на день у дозі 20 мг (2 таблетки на день загалом 40 мг) з наступного дня після обстеження на рівень толерантності до дозованого фізичного навантаження. Волонтери з контрольної групи приймали плацебо за тією ж схемою.

При проведенні дослідження дотримувалися біоетичних стандартів Гельсінської декларації, Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1977 р.), відповідних постанов ВООЗ та законів України.

Обстеження проводили в першій половині дня. Безпосередньо перед проведенням обстеження вимірювали зріст і визначали масу тіла волонтера за допомогою «Ростоміра підлоговий механічний з вагами медичними електронними РПВЕ-2000». Після цього волонтер заповнював Опитувальник та оглядався лікарем, який давав допуск до функціонального тестування з фізичним навантаженням.

В якості функціональної проби на толерантність до фізичного навантаження та засобу оцінки рівня фізичної працездатності вибрали тест  $PWC_{170}$  (велоергометричний варіант за Карпманом) [11]. Фізіологічною базою тесту  $PWC_{170}$  є лінійна залежність між потужністю фізичної роботи і ЧСС у межах 170 – 190 уд\*хв<sup>-1</sup>, але навантаження при якому ЧСС досягає 170 уд\*хв<sup>-1</sup> може бути завеликим для досліджуваного, тому використовують модифікації цього тесту. В практиці діагностики рівня фізичної працездатності добре зарекомендувала себе модифікація тесту  $PWC_{170}$  з застосуванням послідовно двох рівнів навантаження при яких ЧСС не досягає 170 уд\*хв<sup>-1</sup>. Потужність першого навантаження визначають орієнтуючись на масу тіла і рівень фізичної підготовки досліджуваного. Потужність другого

навантаження встановлюють орієнтуючись на зростання ЧСС після першого. В нашому дослідженні ми користувались таблицями орієнтовних значень потужності навантажень на велоергометрі для визначення  $PWC_{170}$  у здорових нетренованих осіб

Також вимірювали ЧСС і артеріальний тиск (АТ) в стані спокою перед початком тестування, в момент завершення першого і другого навантажень та через 1, 2 і 3 хвилини після другого тестувального навантаження з метою оцінки впливу препарату на перебіг раннього відновлення після дозованого фізичного навантаження.

Безпечність функціонального тестування з фізичним навантаженням забезпечували моніторингом електричної активності та насосної функції серця шляхом реєстрації грудної реограми за допомогою реографа «РеоКом ХАІ-Медика» [12]. Для виконання тестування було залучено 6 асистентів відповідно до методики, описаної вище і захищеної свідоцтвом про реєстрацію авторського права на науковий твір [13, 14].

Рівень фізичної працездатності визначали методом екстраполяції з застосуванням графічного способу у двовимірній Декартовій системі координат.

Командою дослідників, яка проводила тестові обстеження було надано всі індивідуальні протоколи першого і другого обстежень що містили:

- звіт про динаміку змін ЧСС і АТ під час тестування,
- звіт про перебіг відновлення після навантаження за показниками ЧСС і АТ,
- значення  $PWC_{170}$ , визначені за результатами першого і другого тестувань.

Масив даних для статистичного аналізу формувався за результатами досліджень, представлених в індивідуальних протоколах обстежень.

Статистичну обробку даних проведено за допомогою програми SPSS Statistics з використанням непараметричних методів.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Виявлено, що при першому обстеженні (до приймання препарату в основній групі чи плацебо – в контрольній) толерантність до фізичного навантаження за рівнем  $PWC_{170}$  в контрольній групі була вищою, ніж в основній ( $185,0 \pm 9,9$  ват проти  $165,9 \pm 9,7$  ват).

При обстеженні через три тижні (друге обстеження)  $PWC_{170}$  в контрольній групі виявились дещо нижчими, ніж до приймання плацебо, проте різниця не була статистично вірогідною. В основній групі через три тижні після приймання НАДН значення  $PWC_{170}$  зросло на 42,5 вата, що становило приріст на 25,6% і було вірогідно вищим порівняно з контрольною групою ( $p < 0,05$ ) і вірогідно вищим, ніж до приймання препарату ( $p < 0,05$ ) (рис. 1).

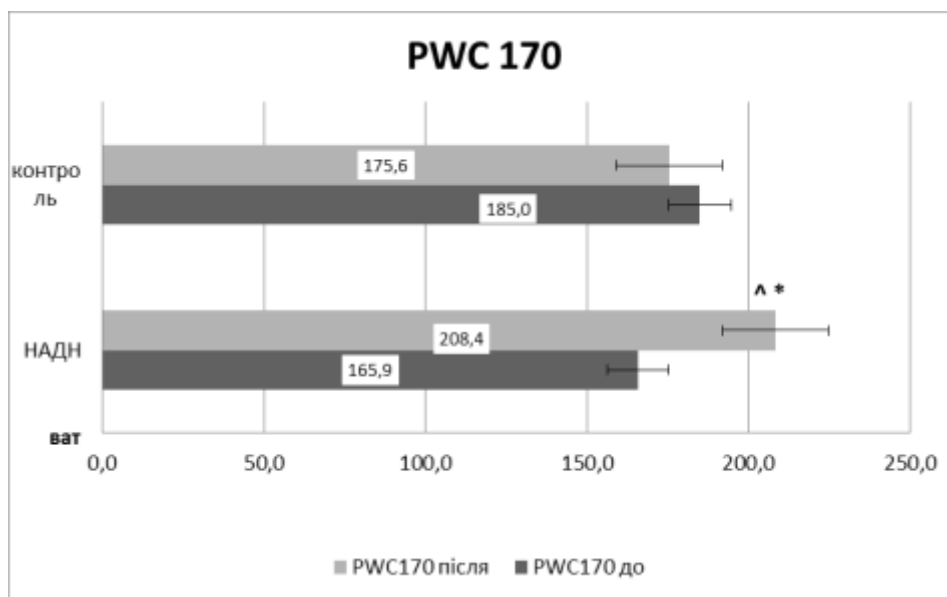


Рис. 1. Вплив НАДН на толерантність до фізичного навантаження за значенням  $PWC_{170}$ . Примітка: \* – вірогідно порівняно зі станом до приймання препарату ( $p < 0,05$ ), ^ – вірогідно порівняно з контрольною групою ( $p < 0,05$ ).

Стан центральної гемодинаміки в нашому дослідженні оцінювали за ЧСС та рівнем АТ. Графіки на рис. 2 і рис. 3 відображають динаміку змін ЧСС в обох групах при навантаженні під час тестування та в період раннього відновлення.

В основній групі ЧСС після другого навантаження була вірогідно нижчою при другому обстеженні ( $p < 0,05$ ), тобто – після приймання препарату протягом трьох тижнів, порівняно з першим обстеженням (до прийняття препарату). Відновлення ЧСС під час другого обстеження було більш швидким ніж при першому обстеженні. В контрольній групі приймання плацебо не вплинув на характер змін ЧСС – динаміка ЧСС була однаковою при першому і другому обстеженнях [15].

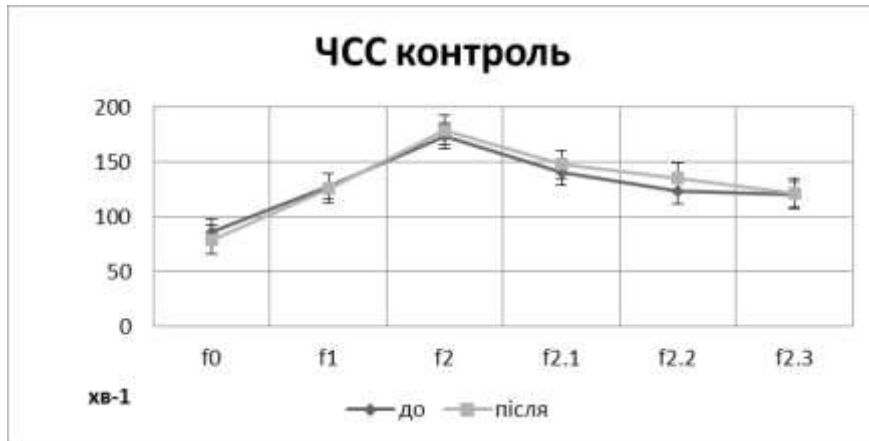


Рис. 2. Динаміка ЧСС при тестуванні й при відновленні після проби PWC<sub>170</sub> (контрольна група). Примітка: f – ЧСС: індекси 0, 1, 2, 2.1, 2.3, 2.3 – перед пробєю PWC<sub>170</sub>, після першого навантаження, після другого навантаження, через 1 хв, 2 хв та 3 хв після другого навантаження, відповідно.

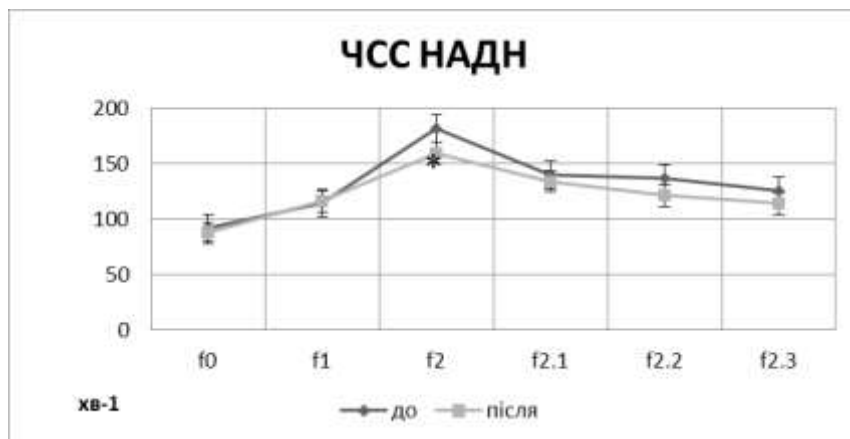


Рис. 3. Динаміка ЧСС при тестуванні й при відновленні після проби PWC<sub>170</sub> (основна група). Примітка: f – ЧСС: індекси 0, 1, 2, 2.1, 2.3, 2.3 – перед пробєю PWC<sub>170</sub>, після першого навантаження, після другого навантаження, через 1 хв, 2 хв та 3 хв після другого навантаження, відповідно.

В таблиці 1 наведено середні значення АТ в групах перед тестуванням, після першого і другого навантаження та під час відновлення. Основна група мала вірогідно вищий артеріальний тиск систолічний (АТС), порівняно з контрольною ( $p < 0,05$ ). Перед другим обстеженням рівень АТС в стані спокою (АТС<sub>0</sub>) в обох групах був дещо вищим за вікову норму, але в основній групі був вірогідно нижчим, ніж перед першим ( $p < 0,05$ ) а в контрольній групі – спостерігалась

тенденція до зниження. Наявність гіпертензії у досліджуваних волонтерів ми можемо пояснити дією на їх організм ряду стресогенних чинників, зокрема, тривалим емоційним напруженням, пов'язаним зі значним навчальним навантаженням і недостатнім часом на сон, в поєднанні з роботою за сумісництвом. Тенденція до нормалізації АТ зі зниженням АТС<sub>0</sub> після 3-х тижнів приймання НАДН на 7,8 % чи приймання плацебо (3,9 %) на тлі дії згаданих вище стресогенних чинників може свідчити про антистресорний ефект НАДН і такий же, але менший, ефект плацебо.

Таблиця 1

Артеріальний тиск при фізичному навантаженні  
та на перших хвилинах відновлення після проби PWC<sub>170</sub>

		НАДН		Контроль	
		до	після	до	після
АТС <sub>0</sub>	мм рт ст	148,6±3,4 ^	137,0±3,1*	136,9±3,5	131,6±2,9
АТС <sub>1</sub>	мм рт ст	154,3±2,9	152,9±2,4	158,8±2,8	155,8±2,9
АТС <sub>2</sub>	мм рт ст	156,3±3,0	155,4±3,1	151,3±3,3	161,3±3,4
АТС <sub>2.1</sub>	мм рт ст	148,0±2,9	154,0±3,1	143,3±3,2	151,8±2,6
АТС <sub>2.2</sub>	мм рт ст	137,4±2,6	146,9±2,5 *	135,8±2,4	138,8±2,5
АТС <sub>2.3</sub>	мм рт ст	131,8±2,8	135,5±2,6	132,3±2,6	140,5±2,8
АТД <sub>0</sub>	мм рт ст	86,9±1,6 ^	85,3±1,1	79,0±2,6	71,5±2,5
АТД <sub>1</sub>	мм рт ст	85,6±1,9	89,0±1,6	83,1±1,6	76,5±1,8
АТД <sub>2</sub>	мм рт ст	79,1±1,4	79,3±1,3	80,7±1,6	78,6±1,5
АТД <sub>2.1</sub>	мм рт ст	68,6±1,9 ^	79,0±1,6 *	77,6±1,5	72,7±1,8
АТД <sub>2.2</sub>	мм рт ст	77,8±1,1	73,4±1,5	77,4±1,6	74,5±1,9
АТД <sub>2.3</sub>	мм рт ст	74,1±1,3	79,1±1,4	69,9±1,7	75,5±1,6

Примітка: АТС – артеріальний тиск систолічний, АТД – артеріальний тиск діастолічний. \* – вірогідно порівняно зі станом до приймання препарату (p<0,05), ^ – вірогідно порівняно з контрольною групою (p<0,05).

Коректна оцінка реакції АТ на фізичне навантаження базується на аналізі змін АТС, АТД і пульсового АТ (ПсАТ). Нормальною є нормотонічна реакція, що проявляється збільшенням ПсАТ під впливом фізичного навантаження. Таке збільшення при нормотонічній реакції відбувається внаслідок підвищення АТС адекватно до потужності навантаження і зниження АТД в границях норми.

Дані про вплив приймання НАДН на ПсАТ і динаміку змін цього параметру центральної гемодинаміки в обох групах при навантаженні під час тестування та в період раннього відновлення наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Пульсовий артеріальний тиск при фізичному навантаженні  
та на перших хвилинах відновлення після проби PWC<sub>170</sub>

		НАДН		контроль	
		до	після	до	після
ПсАТ <sub>0</sub>	мм рт ст	61,8±1,2	51,8±1,1 *	57,9±1,4	60,1±1,3
ПсАТ <sub>1</sub>	мм рт ст	68,6±1,2 ^	63,9±1,6	75,6±1,6	79,3±1,2
ПсАТ <sub>2</sub>	мм рт ст	77,1±1,4	76,1±1,3	70,6±1,4	82,6±1,4
ПсАТ <sub>2.1</sub>	мм рт ст	70,6±1,2	75,0±1,1 *	65,6±1,8	79,2±1,2
ПсАТ <sub>2.2</sub>	мм рт ст	59,6±0,6	73,5±1,0 *	58,4±1,3	64,3±1,4
ПсАТ <sub>2.3</sub>	мм рт ст	57,6±0,4	56,4±1,9	62,4±0,4	65,0±1,0

Примітка: \* – вірогідно порівняно зі станом до приймання препарату (p<0,05), ^ – вірогідно порівняно з контрольною групою (p<0,05).

В основній групі мав місце нормотонічний тип реакції на фізичне навантаження як до приймання НАДН, так і після. Проте, при першому обстеженні значення ПсАТ на 2-й і 3-й хвилини відновлення були нижчими ПсАТ<sub>0</sub>, що відображає послаблені можливості серцево-судинної системи адаптуватися до фізичного навантаження. Перебіг відновлення при другому обстеженні демонструє підвищення функціональних можливостей серцево-судинної системи після приймання НАДН. В контрольній групі ми спостерігали гіпертонічний тип реакції на фізичне навантаження при першому і при другому обстеженнях, що за відсутності факту інтенсивних фізичних тренувань вказує на перенапруження адаптаційних резервів під дією стресорів соціального і побутового походження.

### Висновки

1. Приймання відновленого НАД у таблетованій формі протягом 3 тижнів двічі на день у дозі 20 мг вірогідно підвищує рівень фізичної працездатності й толерантності до фізичного навантаження навіть при тривалій дії стресогенних факторів і відсутності фізичних тренувань.
2. Приймання НАДН позитивно впливає на стан центральної гемодинаміки та сприяє нормалізації АТ у молодих осіб з ознаками артеріальної гіпертензії.
3. Застосування таблетованої форми НАДН протягом 3-х тижнів в добовій дозі 40 мг призвело до підвищення функціональних резервів серцево-судинної системи в осіб, що не займаються фізичними тренуваннями.

### Список використаної літератури

1. Ying, W. (2006). NAD<sup>+</sup> and NADH in cellular functions and cell death. *Front Biosci.* 11:3129-48.
2. Wilk, A., Hayat, F., Cunningham, R., Li, J., Garavaglia, S., Zamani, L. (2020). Extracellular NAD<sup>+</sup> enhances PARP-dependent DNA repair capacity independently of CD73 activity. *Sci Rep.* 10(1):651.
3. Navas, L.E., Carnero, A. (2021). NAD<sup>+</sup> metabolism, stemness, the immune response, and cancer. *Sig Transduct Target Ther.* 6(1):2.
4. Olek, RA, Ziolkowski, W, Kaczor, JJ, Greci, L, Popinigis, J, Antosiewicz, J. (2004). Antioxidant activity of NADH and its analogue--an in vitro study. *J Biochem Mol Biol.* 37(4):416-21.
5. Wengrowski, AM, Kuzmiak-Glancy, S, Jaimes, R 3rd, Kay, MW. (2014). NADH changes during hypoxia, ischemia, and increased work differ between isolated heart preparations. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 15;306(4):H529-37.
6. Birkmayer, G.D. (2001). "Enzyme-based Assay fir Determining Effects of Exogenous and Endogenous Factors of Cellular Energy Production". *Patentschrift, U.S. Patentnr.* 6, 248, 552
7. Chaudhari, SN, Kipreos, ET. (2018). The Energy Maintenance Theory of Aging: Maintaining Energy Metabolism to Allow Longevity. *BioEssays.* 40(8):1800005
8. Liu, J., Zhang, W., Wang, X., Ding, Q., Wu, C., Zhang, W. et al. (2023). Unveiling the Crucial Roles of O<sub>2</sub><sup>•-</sup> and ATP in Hepatic Ischemia-Reperfusion Injury Using Dual-Color/Reversible Fluorescence Imaging. *J Am Chem Soc.* 145(36):19662–19675.
9. Yu, FX, Dai, RP, Goh, SR, Zheng, L, Luo, Y. (2009). Logic of a mammalian metabolic cycle: an oscillated NAD<sup>+</sup>/NADH redox signaling regulates coordinated histone expression and S-phase progression. *Cell Cycle.* 8(5):773-9.
10. Alegre, J, Rosés, JM, Javierre, C, Ruiz-Baqués, A, Segundo, MJ, Fernández de Sevilla, T. (2010). Nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) in patients with chronic fatigue syndrome. *Revista Clinica Espanola.* 210(6):284-8.
11. Земцова, І. І. (2019). Спортивна фізіологія. – Київ : Олімп. літ., 2019. 207 с.
12. РеоКом Компьютерная система реографии. (2008). Инструкция по эксплуатации. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет «ХАИ» НТЦ радиоэлектронных медицинских приборов и технологий «ХАИ-МЕДИКА», 2008. 165 с.
13. Бакуновський Олександр Миколайович, Бабак Світлана Віталіївна, Полторацька Ілана Євгенівна. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 119 158 Науковий твір «Methods of simultaneous study of central and peripheral hemodynamics during dosed physical exertion in laboratory conditions: organization and setting». Дата реєстрації 18 травня 2023 року.
14. Bakunovskiy, O.M., Babak, S.V., Poltoratska I.Y. (2024). Methods of simultaneous study of central and peripheral hemodynamics during dosed physical exertion in laboratory conditions: organization and setting. *Вісник проблем біології і медицини.* – 2024. – Вип. 1 (172). – С. 324-329.
15. Полторацька, І.Є., Бакуновський, О.М., Бабак, С.В. (2024). Вплив «NADH ORIGINAL INSTANT POWER®» на толерантність до фізичного навантаження. Від експериментальної та клінічної патофізіології до досягнень сучасної медицини і фармації : матеріали VI науково-практичної конференції студентів та молодих вчених з міжнародною участю, м. Харків, 16 травня 2024 р. X. : НФаУ, 2024. – С. 171-172.

## References

1. Ying, W. (2006). NAD<sup>+</sup> and NADH in cellular functions and cell death. *Front Biosci.*
2. Wilk, A., Hayat, F., Cunningham, R., Li, J., Garavaglia, S., Zamani, L. (2020). Extracellular NAD<sup>+</sup> enhances PARP-dependent DNA repair capacity independently of CD73 activity. *Sci Rep.*
3. Navas, L.E., Carnero, A. (2021). NAD<sup>+</sup> metabolism, stemness, the immune response, and cancer. *Sig Transduct Target Ther.*
4. Olek, RA, Ziolkowski, W, Kaczor, JJ, Greci, L, Popinigis, J, Antosiewicz, J. (2004). Antioxidant activity of NADH and its analogue--an in vitro study. *J Biochem Mol Biol.*
5. Wengrowski, AM, Kuzmiak-Glancy, S, Jaimes, R 3rd, Kay, MW. (2014). NADH changes during hypoxia, ischemia, and increased work differ between isolated heart preparations. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.*
6. Birkmayer, G.D. (2001). "Enzyme-based Assay for Determining Effects of Exogenous and Endogenous Factors of Cellular Energy Production". Patentschrift, U.S. Patentnr.
7. Chaudhari, SN, Kipreos, ET. (2018). The Energy Maintenance Theory of Aging: Maintaining Energy Metabolism to Allow Longevity. *BioEssays.*
8. Liu, J., Zhang, W., Wang, X., Ding, Q., Wu, C., Zhang, W. et al. (2023). Unveiling the Crucial Roles of O<sub>2</sub><sup>•-</sup> and ATP in Hepatic Ischemia-Reperfusion Injury Using Dual-Color/Reversible Fluorescence Imaging. *J Am Chem Soc.*
9. Yu, FX, Dai, RP, Goh, SR, Zheng, L, Luo, Y. (2009). Logic of a mammalian metabolic cycle: an oscillated NAD<sup>+</sup>/NADH redox signaling regulates coordinated histone expression and S-phase progression. *Cell Cycle.*
10. Alegre, J, Rosés, JM, Javierre, C, Ruiz-Baqués, A, Segundo, MJ, Fernández de Sevilla, T. (2010). Nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) in patients with chronic fatigue syndrome. *Revista Clinica Espanola.*
11. Zemtsova, I.I. (2019). Sportyvna fiziologhiia. – Kyiv : Olimp. lit. [*Zemtsova, I. I. Sports physiology. – Kyiv: Olymp. lit.*] (in Ukr.)
12. ReoKom Kompiuternaia systema reohrafyy. (2008). Ynstruktsiia po ekspluatatsyy. – Kharkov: ReoKom Kompyuternaya sistema reografii. (2008). Instrukciya po ekspluatatsii. – Harkov: Nacionalnyj aerokosmicheskij universitet «HAI» NTC radioelektronnyh medicinskih priborov i tehnologij «HAI-MEDIKA» [*ReoKom rheography computer system. Operating instructions. - Kharkov: National Aerospace University "KHAI" National Center of Radioelectronic Medical Devices and Technologies "KHAI-MEDYKA"*] (in Rus.)
13. Bakunovskiy Oleksandr Mykolaiovych, Babak Svitlana Vitaliivna, Poltoratska Ilana Yevhenivna. Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 119 158 Naukovyi tvir «Methods of simultaneous study of central and peripheral hemodynamics during dosed physical exertion in laboratory conditions: organization and setting». Data reiestratsii 18 travnia 2023 roku. [*Oleksandr Mykolayovych Bakunovsky, Svitlana Vitaliyivna Babak, Ilana Evgenivna Poltoratska. Certificate of copyright registration for the work No. 119 158 Scientific work "Methods of simultaneous study of central and peripheral hemodynamics during dosed physical exertion in laboratory conditions: organization and setting". The date of registration is May 18, 2023*] (in Ukr.)
14. Bakunovskiy, O.M., Babak, S.V., Poltoratska I.Y. (2024). Methods of simultaneous study of central and peripheral hemodynamics during dosed physical exertion in laboratory conditions: organization and setting. *Visnyk problem biologii i medytsyny [Bulletin of problems in biology and medicine].*
15. Poltoratska, I.Ie., Bakunovskiy, O.M., Babak, S.V. (2024). Vplyv «NADH ORIGINAL INSTANT POWER®» na tolerantnist do fizychnoho navantazhennia. Vid eksperymentalnoi ta klinichnoi patofiziologii do dosiahnen suchasnoi medytsyny i farmatsii: materialy VI naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv ta molodykh vchenykh z mizhnarodnoiu uchastiu, m. Kharkiv, 16 travnia 2024 r. Kh.: NFaU, 2024. [*Poltoratska, I.E., Bakunovsky, O.M., Babak, S.V. The effect of "NADH ORIGINAL INSTANT POWER®" on exercise tolerance. From experimental and clinical pathophysiology to the achievements of modern medicine and pharmacy: materials of the 6th scientific and practical conference of students and young scientists with international participation, Kharkiv, May 16, 2024. Kh.: NFaU, 2024*] (in Ukr.)

**Bakunovskiy O., Klymenko O, Poltoratska I, Babak S.**

***Effect of reduced nicotinamide adenine dinucleotide on tolerance to physical exercise***

*Reduced nicotinamide adenine dinucleotide is a key molecule in cellular metabolism, especially in redox reactions. It serves as a carrier of electrons in many biochemical reactions, primarily in anabolic processes, such as the synthesis of fatty acids and nucleotides. Understanding the interplay between NADH metabolism, energy production, and oxidative stress regulation may provide insight into strategies to optimize exercise training and increase exercise endurance in both trained and untrained individuals in everyday life. Therefore, the aim of the research was to study the influence of exogenous NADH on endurance and tolerability of physical activity.*

*For this, functional, rheographic and statistical research methods were applied.*

*As a result of taking NADH in tablet form in the main group, after three weeks the value of the PWC<sub>170</sub> test increased by 42.5 watts (25.6%) and was significantly higher compared to the control group and before taking the drug (p<0.05) in the main group. In the main group, heart rate after the second exercise was significantly lower at the second examination (p<0.05), and heart rate recovery during the second examination*

was faster than at the first one. A tendency to decrease and normalization of the slightly elevated initial level of BP was observed after 3 weeks of taking NADH by 7.8%. An increase in the functional capabilities of the cardiovascular system after taking NADH was also noted, which was characterized by an improved course of PsAT recovery at the 2nd and 3rd minutes, especially compared to the fact that during the first examination, the value of PsAT at the 2nd and 3rd minutes of recovery was lower than PsAT<sub>0</sub>.

It was concluded that taking NADH in tablet form reliably increases the level of physical performance and tolerance to physical exertion even with long-term exposure to stressogenic factors and the absence of physical training, has a positive effect on the state of central hemodynamics, and contributes to the normalization of blood pressure in young people with signs of arterial hypertension. In general, taking exogenous NADH led to an increase in the functional reserves of the cardiovascular system in non-exercising individuals and can be recommended for increasing exercise tolerance in both athletes and non-exercising individuals.

**Keywords:** NADH, tolerance to physical exertion, cardiovascular system, blood pressure, heart rate, pulse blood pressure, rheogram, PWC<sub>170</sub> test.

Одержано редакцією: 12.11.24

Прийнято до публікації: 11.12.24