

Беликова Марія Вікторівна,
кандидат медичних наук, доцент,
доцент кафедри медичної біології та спортивної дієтології,
Національний університет фізичного виховання і спорту України
ORCID ID: 0000-0002-8010-105X
м. Київ, Україна

Краснова Світлана Павлівна,
кандидат медичних наук, доцент,
доцент кафедри медичної біології та спортивної дієтології,
Національний університет фізичного виховання і спорту України
ORCID ID: 0000-0001-8592-5624
м. Київ, Україна

Гончаренко Олександр Юрійович,
доктор філософії з біології,
інструктор кафедри Бойового та логістичного забезпечення
факультету службової бойової діяльності,
Київський інститут національної гвардії України
ORCID ID: 0000-0002-4950-4387
м. Київ, Україна

Сосновський Володимир Володимирович,
доктор філософії з біології,
викладач кафедри медичної біології та спортивної дієтології,
Національний університет фізичного виховання і спорту України
ORCID ID: 0000-0002-0838-8893
м. Київ, Україна

МОЖЛИВІСТЬ КОРЕКЦІЇ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕСУ ЗБАГАЧЕННЯМ РАЦІОНУ НА ВІТАМІНИ ГРУПИ В ТА ЗАСОБАМИ ПІЛАТЕСУ

Вступ. Наявність воєнного стану в Україні створює умови для погіршення психосоматичного стану мешканців України. Значна частина чоловіків перебуває в зоні бойових дій, але й ті, хто залишається в тилу знаходяться під впливом обставин, з якими не завжди легко впоратись в роботі та в побуті. Необхідно брати до уваги наявність дистресу у всіх українців, які можуть бути залучені до участі у дослідженні.

Мета. Дослідити можливість використання засобів пілатесу та вітамінів групи В задля подання проявів оксидативного стресу у чоловіків.

Методи дослідження. Чоловіки, які звернулись за допомогою до спортивних клубів за корегуючим впливом засобів пілатесу та погодилися використовувати комплекс вітамінів групи В були обстежені на виявлення проявів оксидативного стресу та динаміки їх протягом 3-х місяців тренувань. У всіх учасників визначали вміст малонового діальдегіду, активність каталази та супероксиддисмутази в плазмі крові.

Результати та обговорення. Показано зменшення проявів оксидативного стресу за вмістом малонового діальдегіду в плазмі крові учасників. Найбільші позитивні зміни виявлені в тих чоловіків, які не служили в територіальній обороні напередодні залучення у дослідження та відносяться до старшої групи піддослідних. Позитивними вважались зміни за зменшенням концентрації малонового діальдегіду на тлі підвищення активності ферментів антиоксидантного захисту супероксиддисмутази та каталази. Встановлено позитивний вплив пілатесу та вживання комплексу вітамінів групи В на інші категорії чоловіків, які брали участь у дослідженні. Знайдено достовірне підвищення ефективності антистресової дії пілатесу разом з використанням вітамінного комплексу.

Висновки. Використання пілатесу разом з вітамінами групи В призвело до зменшення прояву оксидативного стресу за вмістом малонового діальдегіду в плазмі крові учасників, особливо в групах старшого віку. Підвищення активності супероксиддисмутази під впливом пілатесу та вітамінів В підвищує антиоксидантний захист, що особливо виразне для чоловіків, рівень прояву оксидативного стресу яких був більш вираженим на початку дослідження. Збільшення активності каталази в результаті одночасного використання тренувань за методом Пілатеса та В з більш високою достовірністю, ніж без вітамінів.

Ключові слова: пілатес, оксидативний стрес, антиоксиданти, вітаміни групи В.

© Беликова М. В., Краснова С. П., Гончаренко О. Ю. та ін., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Bielikova Maria Victorivna, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Medical Biology and Sports Dietetics, National University of Physical Education and Sports of Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-8010-105X, Kyiv, Ukraine

Krasnova Svitlana Pavlivna, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Medical Biology and Sports Dietetics, National University of Physical Education and Sports of Ukraine, ORCID ID: 0000-0001-8592-5624, Kyiv, Ukraine

Goncharenko Olexandr Yuriiovych, Doctor of Philosophy in Biology, Instructor at the Department of Combat and Logistics Support of the Faculty of Military Service Activities, Kyiv Institute of the National Guard of Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-4950-4387, Kyiv, Ukraine

Sosnovskiy Volodymyr Volodymyrovych, Doctor of Philosophy in Biology, Lecturer at the Department of Medical Biology and Sports Dietetics, National University of Physical Education and Sports of Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-0838-8893, Kyiv, Ukraine

POSSIBILITY OF CORRECTION OF OXIDATIVE STRESS WITH A RICH DIET WITH VITAMIN GROUP B AND USING PILATES

Introduction. The presence of martial law in Ukraine creates conditions for the deterioration of the psychosomatic state of the inhabitants of Ukraine. A significant part of men are in the combat zone, but those who remain in the rear are also under the influence of circumstances that are not always easy to cope with at work and in everyday life. It is necessary to take into account the presence of distress in all Ukrainians who may be involved in the study.

The purpose of the research. To investigate the possibility of using Pilates and B vitamins to reduce the manifestations of oxidative stress in men.

Research methods. Men who sought help from sports clubs for the corrective effect of Pilates and agreed to use a B vitamin complex were monitored for signs of oxidative stress and their dynamics during 3 months of training.

All participants were determined to have malondialdehyde content, catalase and superoxide dismutase activity in blood plasma.

Results and discussion. A decrease in oxidative stress was shown by the content of malondialdehyde in the blood plasma of the participants. The greatest positive changes were found in those men who had not served in territorial defense before being included in the study and belonged to the older group of subjects. Positive changes were considered to be a decrease in the concentration of malondialdehyde against the background of an increase in the activity of the antioxidant defense enzymes superoxide dismutase and catalase. The positive effect of Pilates and the use of a vitamin B complex on other categories of men who participated in the study was established. A significant increase in the effectiveness of the anti-stress effect of Pilates together with the use of the vitamin complex was found.

Conclusions. The use of Pilates together with B vitamins resulted in a reduction in the manifestation of oxidative stress as measured by the content of malondialdehyde in the blood plasma of participants, especially in older age groups. The increase in superoxide dismutase activity under the influence of Pilates and B vitamins increases antioxidant protection, which is especially pronounced for men, whose level of oxidative stress was more pronounced at the beginning of the study. Increased catalase activity as a result of the simultaneous use of Pilates training and vitamin B complex with higher reliability than without vitamins.

Key words: Pilates, oxidative stress, antioxidants, B vitamins.

Вступ. Розвиток стресу будь якого генезу супроводжується підвищенням накопиченням продуктів перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) та змінами активності систем антиоксидантного захисту [1, 2]. Фізичне навантаження може бути розглянуте як один з видів стресогенного впливу на організм. Якщо фізичне навантаження не стає занадто важким, то стрес, викликаний фізичним навантаженням можна відносити до еустресів, тому що людський організм є еволюційно адаптованим до фізичного навантаження.

Пілатес є таким видом фізичного навантаження, який може бути підібраним індивідуально за ознаками попередньої фізичної підготовки та стану здоров'я [3, 4]. В цей самий час організм людини знаходиться під впливом факторів війни – як на полі бою, так і в тилових місцевостях. Багато людей стають постраждалими від поранень, від погіршення умов життя, від страждання за рідних людей. Таким чином, необхідно враховувати наявність дистресу у всіх українців, які можуть бути залучені до участі у дослідженні.

В умовах дії стресогенного чинника в організмі утворюються активні форми кисню (АФК) з різним ступенем агресивності. Утворення супероксидного радикалу та його менш токсичного стереометричного продукту, перекису водню є результатом аутоокиснення

відновлених компонентів каскаду електронного транспорту в мітохондріях. Швидкість накопичення перекису водню корелює зі ступенем відновлення дихальних ферментів [5]. Одночасно з агресивними проявами наявності гідроксильних та гідро-перексильних радикалів виявлені компенсуючі механізми, які пов'язані з утворенням біологічно активних молекул, утворенні простагландинів, які з часом можуть активувати запальну реакцію та підвищує імунну відповідь [6]. Ферментативна активність, спрямована на перетворення супероксидного радикала в менш токсичну перекис водороду, пов'язана з каталітичною функцією супероксиддисмутази (СОД) [7].

Одним з продуктів діяльності СОД є перекис водню. Ця молекула може розкладатися ферментом каталазою (КАТ). Значна частина КАТ розміщується в пероксисомах, але наразі вже отримані дані про її присутності і в мітохондріях. Утворення H_2O_2 відбувається у прискореному режимі під час фізичних навантажень, але накопичення його не прискорюється так само, як утворення, тому що активність ферменту КАТ зазвичай підвищується також ще одним ферментом, який регулює рівень H_2O_2 в клітці, є глутатіонпероксидаза [5, 6].

При фізичному навантаженні спостерігається підвищення антиоксидантних захисних механізмів, але

рівень генерації АФК перевищує посилену антиоксидантну здатність тканин, що сприяє перекісному окисленню клітинних структур і призводить до оксидативного стресу [9, 10]. Дослідженнями Ott and Sohal (1994) показано, що збільшення рівня активності СОД підвищує резистентність до оксидативного стресу тільки в тому випадку, якщо супроводжується підвищенням активності каталази [7]. Оскільки дані щодо змін при фізичному навантаженні як ферментативних, так і неферментативних антиоксидантів є суперечливими, питання про їх роль в процесах адаптації до фізичних навантажень залишається відкритим.

Мета роботи. З'ясувати ефективність подання оксидативного стресу додаванням до раціону вітамінів групи В на тлі систематичних тренування за методом Пілатеса. Визначити можливість використання харчової домішки вітамінів групи В для підвищення антиоксидантного захисту у чоловіків, які займаються пілатесом.

Організація дослідження та методи. В цьому дослідженні брали участь чоловіки-добровольці, які звернулись до спортивного клубу з метою покращення фізичного стану, зменшення рівня тривожності та набуття більш естетичних форм тіла. Частина з них працювала в територіальній обороні більш ніж протягом одного місяця. Фізичний стан, спортивна підготовка та вік добровольців був різним, тому вони були розділені на 8 груп табл. 1.

Всі учасники дослідження були здорові на початку залучення до експерименту. Ніхто з них не мав попередніх поранень або інших травм, пов'язаних в воєнними діями в Україні. Всім учасникам були надані форми інформованої згоди, які вони підписали [11]. З кожним з учасників експерименту проводились індивідуальні зустрічі на початку та наприкінці дослідження з метою психологічної підтримки та визначення рівня їх задоволення тренуваннями та їх результатами. Частина учасників погодилась приймати вітаміни групи В у якості харчової домішки протягом трьох місяців. Режим застосування і дози 1 таблетка на добу протягом 3х місяців (В-комплекс з електролітами B-Complex With Electrolytes Mason Natural 60 таблеток (Mason Natural (США))). Двічі, на початку та наприкінці цього дослідження всім учасникам проводили визначення вмісту МДА та активності ферментів СОД та КАТ в плазмі крові.

Концентрацію малонового діальдегіду (МДА) в плазмі крові визначали за методом, оснований на здатності його утворювати непрозорий продукт про реакції з ТБК. Активність ферменту каталази визна-

чали за методом, який полягає у вимірюванні кількості перекису водню, який є субстратом для фермента КАТ та здатний утворювати хімічно стійкий забарвлений комплекс із молебдатом амонію. Активність СОД визначали в плазмі крові за методом Чеварі С., Чаба І., Секей Й. (1985) після попередньої обробки плазми етанол-хлороформовою сумішшю на холоді і центрифугування протягом 10 хв при 5000g. Активність ферменту визначалася в умовних одиницях, де 1 у.о. відповідає 50% блокування активності ферменту.

Статистичну обробку результатів дослідження проводили за допомогою критерію Шапіро-Уїлкі, гомоскедантичності вибірок – за допомогою тесту Левене. Застосовували однофакторний дисперсійний аналіз з апостеріорними попарними порівняннями з використанням поправки Бонферроні. Результати вважалися статистично достовірними за умови $p < 0,05$. Використане програмне забезпечення MSeExcel 2019, SPSS Statistics 18.0 [12]. Результати представлені у вигляді $\pm m$, де $\bar{x}$ – це середнє значення показника, а m – похибка.

Результати та обговорення. Концентрація МДА у плазмі крові була прийнята показником інтенсивності прояву оксидативного стресу. В цій роботі ми припускали наявність стресу у всіх учасників дослідження, враховуючи проходження бойових дій на території України та зміни способу життя у зв'язку з цим. Крім того ми розуміли, що частина наших піддослідних є людьми, які вже проходили раніше службу в лавах територіальної оборони або підлягали призову до лав діючих збройних сил України.

Порівняння результатів визначення концентрації МДА в плазмі крові показало наявність достовірної різниці між молодими чоловіками та учасниками дослідження більш старшого віку табл. 2. Така різниця стає очевидною при порівнянні груп 1-ї та 3-ї з 5-ю та 7-ю, а також 2-ї та 4-ї з 6-ю та 8-ю попарно. Разом з тим виявилось, що чоловіки, які служили в територіальній обороні до залучення їх у це дослідження мали менший прояв оксидативного стресу ніж ті, які не служили перед початком участі в експерименті. Тобто, об'єктивні біохімічні ознаки прояву стресу у чоловіків, які увійшли в групи 1 та 3 мали меншу концентрацію МДА в плазмі крові, ніж чоловіки в групах 2 та 4, а учасники груп 5-ї та 7-ї мали вміст МДА менший, ніж учасники груп 6-ї та 7-ї. Можна припустити, що особистості, які мали змогу працювати та зробити щось корисне для себе, своїх рідних та для країни в цілому отримали переваги на фізіологічному рівні перед тими, хто не мав такої можливості.

Таблиця 1

Характеристика учасників, які брали участь у дослідженні

Вік	21–35 років		36–50 років	
Застосування комплексу віт. В	Так	Ні	Так	Ні
Попередня служба в територіальній обороні	Група 1 (n=6)	Група 3 (n=10)	Група 5 (n=12)	Група 7 (n=10)
Не служив у територіальній обороні	Група 2 (n=8)	Група 4 (n=10)	Група 6 (n=12)	Група 8 (n=12)

Таблиця 2

Вміст малонового діальдегіду в плазмі крові чоловіків, які займаються пілатесом

Вік		21–35 років		36–50 років	
Застосування комплексу віт. В		так	ні	так	ні
Попередня служба в територіальній обороні	1 на початку	Гр 1 2,1±0,15	Гр 3 2,2±0,1	Гр 5 2,48±0,14*	Гр 7 2,52±0,15*
	2 після двох міс.	Гр 1 2,0±0,15	Гр 3 2,0±0,35	Гр 5 2,2±0,12 [#]	Гр 7 2,32±0,15
Не служив у територіальній обороні	1 на початку	Гр 2 2,5±0,12*	Гр 4 2,52±0,1*	Гр 6 3,1±0,15***	Гр 8 2,9±0,11***
	2 після двох міс.	Гр 2 2,0±0,12 [‡]	Гр 4 2,2±0,15 [#]	Гр 6 2,1±0,14 [‡]	Гр 8 2,4±0,11 [#]

Примітка: [#] – різниця достовірна в порівнянні з дослідженням на початку тренувань, $p < 0,05$;

[‡] – різниця достовірна у порівнянні з дослідженням на початку тренувань, $p < 0,01$;

* – різниця достовірна в порівнянні з групами 1 і 3, $p < 0,05$;

* – різниця достовірна в порівнянні з групами 5 і 7, $p < 0,05$;

*** – різниця достовірна в порівнянні з групами 2 і 4, $p < 0,05$.

Для оцінки змін, чи виявлення відсутності змін дослідження вмісту МДА проводилось повторно через 3 місяці. В групах 1 та 3, молодих чоловіків, які приймали участь в службі у територіальній обороні інтенсивність прояву оксидативного стресу за вмістом МДА у плазмі крові суттєво не змінилась (див. табл. 2). У всіх інших учасників були зареєстровані позитивні зміни через три місяці після початку тренувань. Так, молоді чоловіки, які не служили в територіальній обороні (групи 2 і 4) та мали гірші результати, ніж у групах 1 і 3 на початку дослідження отримали покращення, тобто зменшення вмісту МДА у плазмі крові. учасники 2-ї групи, молоді чоловіки, які тренувались за методом Пілатеса, але не приймали вітаміни групи В демонстрували зменшення вмісту МДА в плазмі крові достовірно ($p < 0,05$, див. табл. 2). Водночас учасники 4-ї групи, які служили в територіальній обороні напередодні залучення у дослідження та приймали комплекс вітамінів В протягом 3х місяців, коли вони проходили тренування за методом Пілатеса, продемонстрували значно більше покращення із достовірністю $p < 0,01$ (див. табл. 2).

Серед учасників старшого віку були отримані такі результати. В 7-й групі зміни вмісту МДА в плазмі крові не були достовірними. У чоловіків у групі 5, які не мали досвіду служби у територіальній обороні, тренувались за методом Пілатеса та приймали вітаміни групи В протягом трьох місяців було відмічене достовірне зменшення ($p < 0,05$, див. табл. 2). Зменшення концентрації МДА у плазмі крові учасників 8-ї групи була також достовірною ($p < 0,05$, див. табл. 2). Найбільш суттєві зміни були зареєстровані в учасників групи 7 ($p < 0,01$, див. табл. 2.).

Попереднє вимірювання активності СОД у плазмі крові учасників дослідження показало суттєву різницю між різними піддослідними групами. Так, активність цього захисного ферменту виявилась особливо низькою в учасників групи 8, чоловіків старшого віку, які не мали досвіду служби в територіальній обороні протягом найближчого попереднього часу (таблиця 3). Так, подання оксидативного стресу було не досить ефективним у тих груп добровольців, які мали найбільшу вираженість проявів оксидативного стресу.

Ті чоловіки, які мали показники оксидативного стресу більш виразні – групи 6 та 8 – мали не досить високу активність антиоксидантного ферменту СОД.

Повторне визначення активності СОД у плазмі крові учасників дослідження показало суттєві достовірні зміни майже в усіх групах добровольців табл. 3. Так, учасники 3-ї групи, молоді чоловіки, які мали досвід попередньої служби в загонах територіальної оборони, але не погодились приймати комплекс вітамінів групи В протягом 3-х місяців не продемонстрували достовірного зростання активності СОД. Тобто, добровольці з цієї групи не покращили свій антиоксидантний захист протягом трьох місяців за рахунок запропонованих засобів. Слід зазначити, що показники активності СОД у них були на досить високому рівні вже на початку дослідження. В той самий час учасники 1-ї групи мали достовірне підвищення активності СОД, ($p < 0,05$, див. табл. 3). В групах 2-ї та 4-ї визначено підвищення активності СОД із достовірністю $p < 0,01$ та $p < 0,05$ відповідно (див. табл. 3). Ми бачимо активацію захисного ферменту СОД більш виразну в тій групі молодих добровольців, які отримували комплекс вітамінів групи В. Так, можна стверджувати, що використання комплексу вітамінів групи В було корисним для підвищення антиоксидантного захисту для цих учасників дослідження.

Аналіз активності ферменту КАТ при дослідженні на початку дослідження показав також неоднорідність результатів табл. 4. Так, активність цього ферменту виявилась достовірно більш високою у чоловіків в групах 1 і 3, які проходили службу в теробороні у порівнянні з групами 5 і 7, які також брали участь у теробороні напередодні їхньої участі в дослідженні, але були старшими за віком (див. табл. 4). Старші за віком чоловіки у групах 6 та 7 також мали достовірно меншу активність КАТ у плазмі крові, ніж учасники груп 2-ї та 4-ї. Ми враховуємо факт відсутності досвіду служби у теробороні учасників цих груп (див. табл. 4). Однак слід відмітити, що достовірної різниці між тими, хто служив та тими, хто не служив напередодні залучення у дослідження за цим показником достовірної різниці не було (див. табл. 4).

Активність ферменту КАТ виявилась більш залежною від віку, ніж від проявів особистої активності учасників дослідження. Можна припустити, що чоловіки старшого віку виявились більш чутливими до дії стресових чинників воєнного часу. Зміни активності каталази в плазмі крові були також показовими у порівнянні з визначенням на початку дослідження. В групах чоловіків як молодого, так і старшого віку збільшення активності КАТ не було достовірним (див. табл. 4). Однак в групах добровольців, які не служили в територіальній обороні напередодні їх залучення у це дослідження результати аналізу були дещо різними. Так серед молодих чоловіків групи 2 достовірне збільшення активності КАТ було виявлено ($p < 0,05$, див. табл. 4). В групі 4, які мали таку ж історію, як і попередня група, але не приймали вітаміни групи В на відміну від 2-ї групи, достовірного підвищеної активності КАТ не відбулось. Так, ми можемо стверджувати, що використання вітамінів групи В спричинило позитивний вплив на активність антиоксидантного ферменту КАТ.

В групах чоловіків старшого віку, 6-й та 8-й, були знайдені достовірні зміни активності КАТ. Добровольці в 6-й групі мали підвищення активності КАТ

в плазмі крові з достовірністю $p < 0,01$, а добровольці 8-ї групи, які не приймали вітаміни групи В протягом 3-х місяців мали підвищення активності КАТ з достовірністю $p < 0,05$ (див. табл. 4). Так, ми можемо стверджувати, що використання комплексу вітамінів групи В у якості харчової домішки сприяло підвищенню активності КАТ та підвищенню антиоксидантного захисту більш ніж без вітамінного комплексу.

Висновки. Вплив засобів пілатесу та одночасного використання вітамінів групи В на прояв оксидативного стресу проявився в зменшенні вмісту МДА в плазмі крові учасників, особливо достовірно в групах старшого віку.

Зміни активності антиоксидантного ферменту СОД під впливом пілатесу та використання комплексу вітамінів групи В призводять до підвищення антиоксидантного захисту, що особливо виразне для чоловіків, рівень прояву оксидативного стресу яких був більш вираженим на початку дослідження.

Підвищення активності КАТ в результаті одночасного використання тренувань за методом Пілатеса та комплексу вітамінів В з достовірністю $p < 0,01$, без використання комплексу вітамінів з достовірністю $p < 0,05$.

Таблиця 3

Активність супероксиддисмутизи в плазмі крові чоловіків, які займаються пілатесом

Вік		21–35 років		36–50 років	
Застосування комплексу віт. В		так	ні	так	ні
Попередня служба в територіальній обороні	1 на початку	Гр 1 9,9 ± 0,33	Гр 3 9,5 ± 0,35	Гр 5 8,8 ± 0,29*	Гр 7 8,5 ± 0,37*
	2 після двох міс.	Гр 1 10,6 ± 0,12 [#]	Гр 3 9,8 ± 0,22	Гр 5 10,2 ± 0,25*	Гр 7 9,5 ± 0,26*
Не служив у територіальній обороні	1 на початку	Гр 2 8,6 ± 0,18*	Гр 4 8,5 ± 0,22*	Гр 6 8,6 ± 0,35*	Гр 8 7,4 ± 0,35***
	2 після двох міс.	Гр 2 10,0 ± 0,15 [¥]	Гр 4 9,5 ± 0,25 [#]	Гр 6 10,2 ± 0,3 [¥]	Гр 8 9,1 ± 0,18 [¥]

Примітка: [#] – різниця достовірна в порівнянні з дослідженням на початку тренувань, $p < 0,05$;

[¥] – різниця достовірна у порівнянні з дослідженням на початку тренувань, $p < 0,01$;

* – різниця достовірна в порівнянні з групами 1 і 3, $p < 0,05$;

** – різниця достовірна в порівнянні з групами 5 і 7, $p < 0,05$;

*** – різниця достовірна в порівнянні з групами 2 і 4, $p < 0,05$.

Таблиця 4

Активність ферменту каталази в плазмі крові чоловіків, які займаються пілатесом

Вік		21–35 років		36–50 років	
Застосування комплексу віт. В		так	ні	так	ні
Попередня служба в територіальній обороні	1 на початку	Гр 1 45,2 ± 2,3	Гр 3 44,8 ± 2,2	Гр 5 40,5 ± 2,4*	Гр 7 41,2 ± 2,1*
	2 після двох міс.	Гр 1 48,5 ± 2,0	Гр 3 46,2 ± 1,8	Гр 5 45,5 ± 2,4*	Гр 7 43,2 ± 1,12*
Не служив у територіальній обороні	1 на початку	Гр 2 44,2 ± 1,8	Гр 4 44,4 ± 1,5	Гр 6 38,5 ± 2,3	Гр 8 38,0 ± 2,3
	2 після двох міс.	Гр 2 46,8 ± 1,9 [#]	Гр 4 45,6 ± 1,8	Гр 6 43,6 ± 1,2 [¥]	Гр 8 42,8 ± 1,8 [#]

Примітка: [#] – різниця достовірна в порівнянні з дослідженням на початку тренувань, $p < 0,05$;

[¥] – різниця достовірна у порівнянні з дослідженням на початку тренувань, $p < 0,01$;

* – різниця достовірна в порівнянні з групами 1 і 3, $p < 0,05$;

** – різниця достовірна в порівнянні з групами 2 і 4, $p < 0,05$.

REFERENCES

1. Ghada A. Nabih, Nehal EEI Sheshtawy, Dalia M. E. El Mikkawy & Marwa A. Kamel. Serum malondialdehyde as a marker of oxidative stress in rheumatoid arthritis. *Egyptian Rheumatology and Rehabilitation* volume 51, Article number: 43 (2024).
2. Mark C Fogarty, Ciara Hughes, George Burke, George Burke. Acid Damage and Systemic Free Radical Generation. *Environmental and Molecular Mutagenesis*. January 2011. 52 (1): 35–42. DOI:10.1002/em.20572
3. Kloubec J. Pilates for improvement of muscle endurance, flexibility, balance, and posture. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010; 24 (3): 661–67.
4. Meikis Lilly. Effects of Pilates Training on Physiological and Psychological Health Parameters in Healthy Older Adults and in Older Adults With Clinical Conditions Over 55 Years: A Meta-Analytical Review. *Frontiers in Neurology*, 25 October 2021; Volume 12–2021 doi.org/10.3389/fneur.2021.724218
5. Gregory E Conner, Matthias Salathe, Rosanna Forteza. Lactoperoxidase and hydrogen peroxide metabolism in the airway. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002 Dec 15; 166 (12 Pt 2): S. 57–61. DOI: 10.1164/rccm.2206018.
6. Jantschko W, Furtmüller PG, Zederbauer M, Neugschwandtner K, Jakopitsch C, Obinger C. Reaction of ferrous lactoperoxidase with hydrogen peroxide and dioxygen: an anaerobic stopped-flow study. *Arch Biochem Biophys*. 2005 Feb 1; 434 (1): 51–9. DOI:10.1016/j.abb.2004.10.014. PMID: 15629108
7. Orr W.C. Extension of life-span by overexpression of superoxide dismutase and catalase in *Drosophila melanogaster*/ W.C.Orr, R.S.Sohal/ *Science*. 1994. Februar. 25; 263 (5150): 1128–30. DOI: 10.1126/science.8108730.
8. Samara Sousa Vasconcelos. The effect of pilates on metabolic control and oxidative stress of diabetics type 2 – A randomized controlled clinical trial/ *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. Volume 27, July 2021, Pages 60–66.
9. Anikeev DM. Physical activity in the lifestyle of student youth [author's abstract on the Internet]. Kyiv: NUFVSU, 2012. Available from: <https://uni-sport.edu.ua/sites/default/files/vseDocumenti/16.2012.pdf>.
10. Carolina Simioni. Oxidative stress: role of physical exercise and antioxidant nutraceuticals in adulthood and aging. Carolina Simioni 1, Giorgio Zauli 1, Alberto M Martelli 2, Marco Vitale 3,4, Gianni Sacchetti 5, Arianna Gonelli 1, Luca M Neri. *Oncotarget*. 2018 Mar 30; 9 (24): 17181–17198. DOI: 10.18632/oncotarget.24729
11. Zakonodavstvo Ukrainy. Helsinska deklaracia Vsesvitnoi medychnoi asociacii “Etychni pryncypy medychnykh doslidzhenza uchastiu liudyny v jacosti obiectu doslidzhennia” [internet] Helsinki. Pryniata 18-u Generalnoiu asambleieu BMA 1964. [Onovleno 2008. Zhovten. Citovano 2019]. Available from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/990_005
12. Antomonov MYu. Mathematical processing and analysis of medical and biological data. 2nd ed. (amended and revised). K: MIC “Medinform”; 2018; 579 p.

Дата надходження статті: 18.07.2025

Дата прийняття статті: 20.08.2025

Опубліковано: 01.10.2025