7. Federacija futbolu Ukrajiny (2003). Futbol: navchaljna proghrama dlja dytjacho-junacjkykh sportyvnykh shkil, specializovanykh dytjacho-junacjkykh shkil olimpijsjkogho rezervu, shkil vyshhoji sportyvnoji majsternosti [Football: curriculum for children's and youth sports schools, specialized children's and youth schools of the olympic reserve, schools of higher sports skills]. Kyiv: Federacija futbolu Ukrajiny, Respublikansjkyj naukovo-metodychnyj kabinet Derzhavnogho komitetu Ukrajiny z pytanj fizychnoji kuljtury i sportu, Ukraine.

DOI 10.31392/NPU-nc.series15.2023.3К(162).79
УДК 796.071.5

Станкевич Л.Г.
кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент,
кафедра медико-біологічних дисциплін
Національного університету фізичного виховання і спорту України, м. Київ
ORCID: 0000-0002-8521-5363
Хмельницька Ю.К.
кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент,
кафедра медико-біологічних дисциплін
Національного університету фізичного виховання і спорту України, м. Київ
ORCID: 0000-0002-0231-1879
Єфанова В.В.
старший викладач кафедри теорії і методики фізичного виховання
Державного науково-дослідного інституту фізичної культури та спорту, м. Київ
ORCID: 0000-0001-9434-6069

ВПЛИВ АНТИОКСИДАНТІВ НА ПЕРЕКИСНЕ ОКИСЛЕННЯ ЛІПІДІВ У СПОРТСМЕНІВ СУЧАСНОГО П'ЯТИБОРСТВА

Аналіз даних сучасної літератури з даної проблеми, а також результати попередньо проведених досліджень Станкевич Л.Г., Земцова І.І. (2014), показали, що значне прискорення процесів вільнорадикального окислення, при різноманітних неспецифічних впливах на організм, що має місце у тканинах та органах при фізичних навантаженнях може призвести до окислення ненасичених жирних кислот (НЖК) ліпідів мембран, що зумовлює зміну фізико-хімічних властивостей останніх та призводить до зміни в клітині концентрації ряду органічних та неорганічних компонентів, вихід із клітини та субклітинних утворень ферментів, амінокислот, мікроелементів, що може знижувати спортивний результат та сповільнювати процеси відновлення. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є використання антиоксидантів при м'язовій діяльності, дані про використання як неспецифічні засоби стимуляції ефективності тренувальної діяльності часто носять розрізнений і суперечливий характер і тому вимагають подальшого уточнення. ***Мета****: Обґрунтувати можливість регулювання адаптаційними реакціями спортсменів сучасного п'ятиборства у передзмагальний період шляхом спрямованої корекції стану АО-системи за допомогою антиоксидантів.* ***Результати****: Під впливом АО-комплексу виявлено зниження вмісту малонового діальдегіду (МДА) як у стані спокою, так і після фізичного навантаження, що свідчить про посилений резерв АО-системи організму. Дослідження стану окремих ланок АО-системи під впливом АО-комплексу виявило значну активність супероксиддисмутази (СОД) та каталази (Кат) після фізичного навантаження (10 км) в дослідній групі в порівняні з контрольною групою.* ***Висновки.*** *Проведені дослідження антиоксидантного статусу організму спортсменів мають достатнє практичне значення, оскільки дозволяють рекомендувати використання засобів, що мають антиоксидантні властивості, для здійснення антистресових заходів під час змагань, підвищити антиоксидантний резерв організму та зберегти здоров'я спортсменів.*

Ключові слова*: спорт, антиоксидантна система, антиоксиданти, перекисне окиснення ліпідів.*

Stankevych L., Khmelnytska Yu., Ephanova V. The effect of antioxidants on lipid peroxidation in modern pentathlon athletes. *Analysis of the data of modern literature on this problem, as well as the results of previous studies Stankevych L.G, Zemtsova I.I. (2014), showed that a significant acceleration of free radical oxidation processes, under various nonspecific effects on the body, which occurs in tissues and organs during physical activity, can lead to the oxidation of unsaturated fatty acids (SFA) of membrane lipids, which causes a change in the physicochemical properties of the membranes and leads to changes in the concentration of a number of organic and inorganic components in the cell, the release of enzymes, amino acids, and trace elements from the cell and subcellular formations, which can reduce sports performance and slow down recovery processes. One of the ways to solve this problem is to use antioxidants in muscle activity; data on their use as nonspecific means of stimulating the effectiveness of training activity are often scattered and contradictory and therefore require*

further clarification. ***Objective****: To substantiate the possibility of regulating the adaptive reactions of modern pentathlon athletes in the pre-competition period by targeted correction of the state of the AO system with the help of antioxidants.* ***Results****: Under the influence of the AO-complex, a decrease in the content of MDA was found both at rest and after exercise, which indicates an increased reserve of the body's AO system. The study of the state of individual links of the AO system under the influence of the AO complex revealed a significant activity of SOD and CAT after exercise (10 km) in the experimental group compared to the control group.* ***Conclusions.*** *The conducted studies of the antioxidant status of the body of athletes are of great practical importance, since they allow us to recommend the use of agents with antioxidant properties for the implementation of anti-stress measures during competitions, to increase the antioxidant reserve of the body and to preserve the health of athletes.*

Keywords*: sport, antioxidant system, antioxidants, lipid peroxidation*

Постановка проблеми. В умовах сучасного спорту, що характеризується фізичними навантаженнями які є найпотужнішим чинником мобілізації функціональних резервів організму спортсменів з одного боку [6, с. 94-98; 8, с. 164-169; 9, с. 379-385], а з іншого боку, ці навантаження стимулюють витрату енергетичних речовин і вітамінів в організмі спортсмена, що призводить не тільки до зниження працездатності, але й до різних порушень [2, с. 49-55]. До однієї з головних причин такого роду порушень відносять посилення реакцій вільнорадикального окислення і пов'язаного з ним процеси перекисного окислення ліпідів (ПОЛ), що розглядається як прояв стрес-реакції на клітинному, субклітинному і молекулярному рівнях [1, с. 24-31].

Захист біологічних структур, насамперед мембранних утворень від вільних радикалів, вирішується шляхом створення складного механізму саморегуляції – антиоксидантної (АО) системи, або антиокислювальних механізмів, які забезпечують «відведення» окисної енергії вільного кисню в безпечне русло [7, с. 20-30]. Це біологічне завдання вирішується шляхом створення спеціалізованих ферментних систем – антиокислювальних ферментів (АО – ферментів), а також хімічних буферних систем, здатних підтримувати прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз (ПАГ) у внутрішньо-клітинних та міжклітинних рідинах та ліпідних структурах клітинних мембран [11, с. 2531-2535].

Це, зокрема, послужило поштовхом для обґрунтування можливості впровадження в практику спортивної підготовки додаткових антиоксидантів з метою антиоксидантного захисту клітин від шкідливого впливу продуктів реакцій вільно-радикального окиснення, значна активація якого має місце у тканинах організму при напруженій м'язовій діяльності [132, с. 3-8].

Таким чином, беручи до уваги різноманіття метаболічних, морфологічних і функціональних ефектів ПОЛ, можна вважати, що спектр такого впливу при фізичних навантаженнях звичайно широкий, що, в свою чергу, обґрунтовує доцільність проведення подальших досліджень в даному напрямку.

Одним з головних напрямків такого роду досліджень має стати вивчення закономірностей функціонування механізмів, які забезпечують захист клітин від надмірної активації процесів ПОЛ, а також антиоксидантної системи, якій належить істотна роль у забезпеченні фізичної працездатності.

Аналіз літературних джерел. За даними авторів [1, с. 24-31], напружене фізичне навантаження викликає активацію глутатіонпереоксидази (ГПО) реакцій у скелетних м'язах у присутності високих концентрацій кофактора – Se (селен). Встановлено, що прийом плавцями високої кваліфікації 100 мкг Se щодня протягом двох тижнів викликав після виконання фізичних навантажень менше зростання у крові концентрації МДА порівняно зі спортсменами, які приймали плацебо [3, с. 79-81].

Показано також, що при виконанні тесту Bosco (6 спроб у 30-секундних стрибках) виявляється значна відмінність в активності глутатіонредуктази (ГР) та ГПО у м'язах тренованих та нетренованих осіб, тоді як відмінностей в активності антиокислювальних ензимів крові та активності каталази не було відзначено [15, с. 1751]. Проте активність ГПО в еритроцитах після 10 тижнів занять фізичними вправами аеробної спрямованості [12, с. 2233-2246] або після виконання 40-тижневої тренувальної програми [4, с. 87-92], підвищувалася.

Таким чином, фізичні навантаження впливають (але не завжди однозначно у різних тканинах) на активність ГПО, і ці зміни, очевидно, залежать від особливостей м'язової роботи.

Раніше зазначалося, що різні ланки АО-системи перебувають між собою у складних функціональних взаєминах, і це стосується Кат. Так, доведено, що при недостатності вітаміну Е в їжі тварин відбувається зниження Кат, тоді як активність СОД не залежить від вмісту цього вітаміну в дієті [11, с. 916-922]. Таким чином, каталаза як елемент антиоксидантного захисту також включається в складну систему реакцій організму, що забезпечують його адаптацію до напруженої м'язової діяльності [14, с. 505-510].

У зв'язку з вищенаведеним, можна припустити, що встановлення можливостей впливати за допомогою антиоксидантів-вітамінів на метаболічний стан, антиоксидантний статус організму спортсменів в умовах напруженої м'язової діяльності є доцільним і актуальним. Всі викладені факти зумовлюють актуальність розглянутих питань і доцільність подальшого їх вивчення.

Зв'язок роботи з науковими планами, темами. Дослідження виконано в межах наукових тем «Контроль та корекція метаболізму кваліфікованих спортсменів за умов інтенсивних фізичних навантажень» (номер держреєстрації 0120U103004) та «Вплив ендогенних та екзогенних факторів на

перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності» (номер держреєстрації 012U108187).

Формулювання мети та завдань роботи: провести теоретичний аналіз та узагальнити дані спеціальної літератури відносно ефективності впливу різних ергогенних чинників, у тому числі антиоксидантів, на стан метаболізму, антиоксидантний статус та фізичну працездатність у спортсменів сучасного п'ятиборства під впливом тестових навантажень. Дослідити вплив комплексу антиоксидантів-вітамінів, а саме: С, Aevitum (А+Е) та селен при напруженій м'язовій діяльності на показники антиоксидантного статусу (Кат, СОД, МДА) та вмісту лактату у спортсменів, які спеціалізуються у сучасному п'ятиборстві, а також виявити можливість використання цього показника для оцінки стану ПОЛ.

Методи та організація досліджень. Дослідження проведено на експериментальній базі Державного науково-дослідного інституту фізичної культури і спорту та на кафедрі медико-біологічних дисциплін НУФВСУ за участю спортсменів сучасного п'ятиборства спортивної кваліфікації МС, МСМК. Всього обстежено 14 спортсменів, віком 20-30 років, стаж від 7 до 15 років. Спортсмени знаходились на етапі безпосередньої підготовки до змагань, були розділені на дві групи: контрольна та експериментальна, яка використовувала комплекс у складі антиоксидантів-вітамінів С, Aevitum (А+Е) та селену. Спортсмени експериментальної групи протягом двох тижнів використовували запропонований комплекс з урахуванням рекомендованих доз споживання кожного компонента.

У крові спортсменів визначали вміст лактату (La), малонового діальдегіду (МДА), активність каталази (Кат), супероксиддисмутази (СОД) визначали на фотометрі LP-420 фірми «Dr.Lange» (Німеччина) з використанням готових наборів реактивів. Вміст у плазмі крові МДА визначали за модифікованим методом [5, 91-97].

Статистичну обробку отриманих результатів проводили з використанням стандартних комп'ютерних програм.

Виклад основного матеріалу дослідження. Оскільки рівень ПОЛ визначається, з одного боку, процесами перекисного-окислення, а з іншого – станом та можливістю ендогенних систем антиоксидантної активності (АОА), тому оцінка стану цих систем має практичне значення. Загальну АОА крові можна визначити за її здатністю пригнічувати ПОЛ будь-якого субстрату. Перед нами стояло завдання дослідження загальної антиоксидантної активності крові спортсменів сучасного п’ятиборства у стані спокою та після впливу фізичних навантажень. Для визначення загального антиоксидантного статусу крові було проведено дослідження крові спортсменів сучасного п’ятиборства у стані спокою та після тестування їх функціональних можливостей (табл.1).

Таблиця 1

АО активність крові спорстменів, що реєструється за накопиченням ТБК-активних продуктів у системі жовткових ліпопротеїдів (ЖЛП) у присутності Fe^{2+}, нмоль·мл$^{-1}$ (n=14)

Вид спорту	Спокій		Фізичне навантаження	
	-ікуб.	+інкуб.	-інкуб.	+інкуб.
Сучасне п’ятиборство	29,4 ±4,2	581,0 ±42,1	33,6 ±4,2	736,8 * ±63,1

* Відмінності достовірні щодо стану спокою (p<0,05)

З наведених даних щодо визначення антиоксидантних властивостей крові спортсменів сучасного п'ятиборства можна припустити, що кров може виявляти різну антиоксидантну активність як у стані спокою, так і після фізичних навантажень, що обумовлено, мабуть активністю та вмістом у ній антиоксидантів різної природи: стероїдних гормонів, α-токоферолу, вітаміну С, Р, тіолових сполук та ін. Це зумовлено періодом підготовки, їх об’ємами, інтенсивністю та тривалістю навантажень у спортсменів, станом відновлювальних процесів, особливістю харчування, забезпеченням фармакологічними речовинами та ін.

Таким чином, нами було виявлено, що у спортсменів сучасного п'ятиборства спостерігається низький рівень захисту АО-системи і це відображає низький АО статус організму, тому було запропоновано представникам цієї спеціалізації подальші дослідження, пов'язані з корекцією АО статусу організму за допомогою використання біологічно активних добавок, що володіють АО дією. Після цього контрольна група протягом двох тижнів приймала глюкозу (плацебо), а експериментальна група приймала комплекс антиоксидантів (вітаміни С, Aevitum (А+Е) та селен). Контрольна та експериментальна групи виконували однакове фізичне навантаження.

Виходячи з поставлених завдань, ми досліджували вплив антиоксидантного комплексу у складі вітамінів С, Aevitum (А+Е) та селену на показники фізичної працездатності спортсменів сучасного п’ятиборства. Для її оцінки нами було обрано три види тестуючих навантажень: швидкісно-силової спрямованості, швидкісної витривалості та загальної витривалості. Для оцінки швидкісно-силових можливостей досліджували результати пропливання відрізків 8х100м з інтервалом 5 с, для

оцінки швидкісної витривалості – пропливання дистанції довжиною 750 м та для оцінки загальної витривалості – біг на дистанції 3 км, 5 км та 10 км.

Отримані результати свідчать про те, що комплекс антиоксидантів не вплинув на результат пропливання спортсменами сучасного п'ятиборства відрізків 8х100м інтервалом 5с. Відзначалася лише тенденція до поліпшення результату наприкінці II мікроциклу за середнього сумарного часу пропливання відрізків 8,99±0,072 (p>0,05).

Застосований комплекс антиоксидантів не вплинув і на прояв швидкісної витривалості при проливанні дистанції довжиною 750м. Наприкінці II мікроциклу відзначалася лише тенденція до покращення результату (9,54±0,93, p>0,05). З отриманих результатів можна заключити, що комплекс антиоксидантів, що використовується, не впливає на показники фізичної анаеробної працездатності при плавальних тестуючих навантаженнях швидкісно-силового характеру і швидкісної спрямованості.

При використанні тестуючих навантажень у бігу на 3 км, 5 км та 10 км на фоні прийому комплексу антиоксидантів відзначалися дещо інші закономірності. Так, застосування комплексу антиоксидантів не мало істотного впливу на поліпшення спортивного результату в бігу на 3 км, який становив 9,47±0,32 хв. (p>0,5) порівняно з контрольною групою, що застосовувала плацебо. У бігу ж на 5 км на фоні антиоксидантів, що використовуються, відзначалося поліпшення результату, який склав в кінці II мікроциклу 15,20 хв (p<0,05) в порівнянні з контрольною групою, що використовувала плацебо, і дослідною групою на початку I мікроциклу (p< 0,05).

З отриманих нами результатів можна зробити висновок, що комплекс антиоксидантів, що використовувався спортсменами, надає ергогенну дію при бігових тестуючих навантаженнях змішаної (біг на 5 км) і переважно аеробної спрямованості (біг на 10 км), а при навантаженнях переважно анаеробної спрямованості (пропливання дистанції тривалістю 750 м і біг на 3 км) антиоксидантний комплекс не істотно впливає на результат.

Завданням подальших досліджень було вивчення впливу двотижневого використання антиоксидантного комплексу (вітамінів С, Aevitum (А+Е) та селену) на деякі показники АО-статусу крові (МДА, Кат, СОД). Зважаючи на те, що використаний нами комплекс може впливати на різні ланки АО-системи, а саме: склад та функцію ліпопротеїдів біологічних мембран, активність глутатіонпероксидази, каталази та супероксидисмутази, вміст у крові водорозчинного антиоксиданту аскорбінової кислоти тощо. Тому, перш за все, доцільним було визначити вміст у крові малонового діальдегіду, який є одним із продуктів ПОЛ, та характеризує загальний баланс прооксидантно-антиоксидантного статусу організму.

Дослідження вмісту в крові спортсменів сучасного п'ятиборства малонового діальдегіду показало, що під впливом АО-комплексу спостерігалося зниження його вмісту як у стані спокою, так і після фізичного навантаження порівняно з контрольною групою (рис. 1).

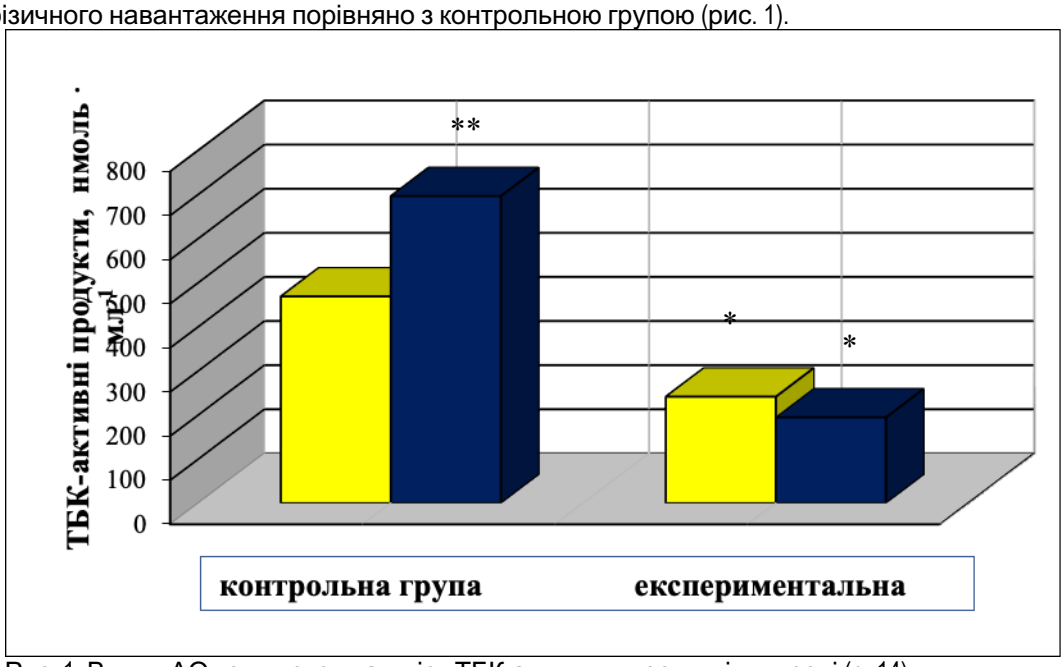


Рис. 1. Вплив АО комплексу на вміст ТБК-активних продуктів у крові (n=14)

- до фізичного навантаження
- після фізичного навантаження, 3 хв

* - відмінності достовірні (p<0,05) щодо контрольної групи (-АО)

** - відмінності достовірні (p<0,05) щодо стану спокою.

Виявлене нами зниження вмісту малонового діальдегіду у стані спокою може бути обумовлене багатьма причинами: зниженням утворення, посиленням дезактивації вільних радикалів внаслідок підвищення можливостей АО-системи під впливом антиоксидантного комплексу тощо.

Зниження вмісту малонового діальдегіду після подолання спортсменами 10 км дистанції, виявлене нами, є показником пригнічення стрес-реакції внаслідок зростання загального резерву АО-системи під впливом АО-комплексу. Це може бути обумовлено також можливою мобілізацією АО з печінки та інших тканин, а також синергізмом між ендогенними антиоксидантами та тими екзогенними, що нами використовувалися. Так, наприклад, численні дані наукової літератури, пов'язані з дослідженням АО-системи при різних стресових та патологічних станах, свідчать про те, що АО-ефект селену суттєво підвищується у присутності токоферолу [15, с. 1755]. У більшості випадків АО-ефект селену та токоферолу посилюється та пролонгується при їх комбінованому використанні з аскорбіновою кислотою, тіоловими АО (глютатіоном, цистеїном) [1, с. 24-31].

Вибір наших досліджень активності СОД зумовлений його виключно важливою, ключовою біологічною роллю. Нами встановлено, що у контрольній групі (-АО) СОД-активність під впливом фізичного навантаження підвищилися майже в 2 рази ($p<0,05$) (табл. 2). Приблизно в стільки ж разів підвищилася СОД-активність фізичного навантаження у дослідній групі, що застосовувала комплекс АО ($p<0,05$). Тим не менш, у стані спокою до фізичного навантаження в дослідній групі (+АО) значно підвищується СОД-активність ($p<0,05$), що вказує на те, що і в стані спокою значно посилюється супероксидна ланка АО системи, що супроводжується більшою можливістю інактивувати супероксидні радикали ПОЛ. Це дає можливість запобігти надмірній активізації процесу ПОЛ особливо на початку фізичного навантаження.

У ході подолання 10 км дистанції відбувається подальше підвищення СОД-активності як у контрольній (-АО), так і в дослідній групах приблизно у 2 рази. Однак, абсолютна СОД-активність у дослідній групі значно вища, ніж у контрольній ($p<0,05$). Це сприяє більшим можливостям інактивації супероксидних радикалів при фізичному навантаженні у групі спортсменів сучасного п'ятиборства, які використовували комплекс АО, і, таким чином, більшому попередженню активації ПОЛ та негативних ефектів цього процесу.

Дослідження показали, що активність Кат, яка локалізована та функціонує разом із СОД, у стані спокою до фізичного навантаження суттєво не відрізняється в контрольній групі (-АО) та експериментальній групах ($p<0,05$) (табл.2). Це свідчить про відсутність впливу АО комплексу на здатність розкладати H_2O_2, що утворюється внаслідок СОД-реакції. У той же час АО-комплекс викликав суттєве підвищення активності Кат після фізичного навантаження більш ніж у 2 рази щодо значень стану спокою та контрольної групи (≈на 80%). Це свідчить про значне посилення каталазної ферментативної ланки АО-системи під впливом використовуваного АО-комплексу, що супроводжується більш інтенсивним розкладанням H_2O_2, що утворюється в результаті підвищення активності СОД, продуктом дії якої є H_2O_2.

Отримані дані засвідчили, що використовуваний нами АО-комплекс у складі вітамінів С, Aevitum (А+Е) та мінерального елементу селену викликає суттєві зміни АО-статусу організму спортсменів сучасного п'ятиборства. Вони стосуються як зниження вмісту МДА, що свідчить про загальний прооксидантно-антиоксидантний баланс всього організму, так і окремих ланок АО-системи – ферментів СОД та Кат, активність яких суттєво підвищується під впливом фізичного навантаження, наслідком чого є попередження негативних ефектів посилення ПОЛ. Можливо, виявлене нами підвищення фізичної працездатності спортсменів сучасного п'ятиборства є наслідком впливу використовуваного АО-комплексу.

Таблиця 2

Стан показників АО-системи крові у спортсменів сучасного п'ятиборства при використанні антиоксидантного комплексу (M±m, n=14)

Показники / *Стан*	*МДА, нмоль·мл$^{-1}$*		*СОД, у.о. мг Hb^{-1}*		*Кат, ммоль H_2O_2 · хв / мг Hb^{-1}*	
	- АО	+ АО	- АО	+ АО	- АО	+ АО
До фізичного навантаження	468.4± 62.63	241.21± 16.9*	0.74± 0.05	1.21± 0.10*	2.23± 0.13	2.35± 0.23
Після фізичного навантаження (3 – 7хв)	695.9± 85.59**	194.25± 89*	1.5± 0.1**	2.50± 0.12***	3.15± 0.34	5.07± 0.36***

* - Відмінності достовірні ($p<0,05$) щодо контрольної групи (- АО).

** - відносно стану спокою

Поліпшення спортивного результату під впливом комплексу антиоксидантів супроводжувалося зниженням вмісту лактату у крові (рис. 2).

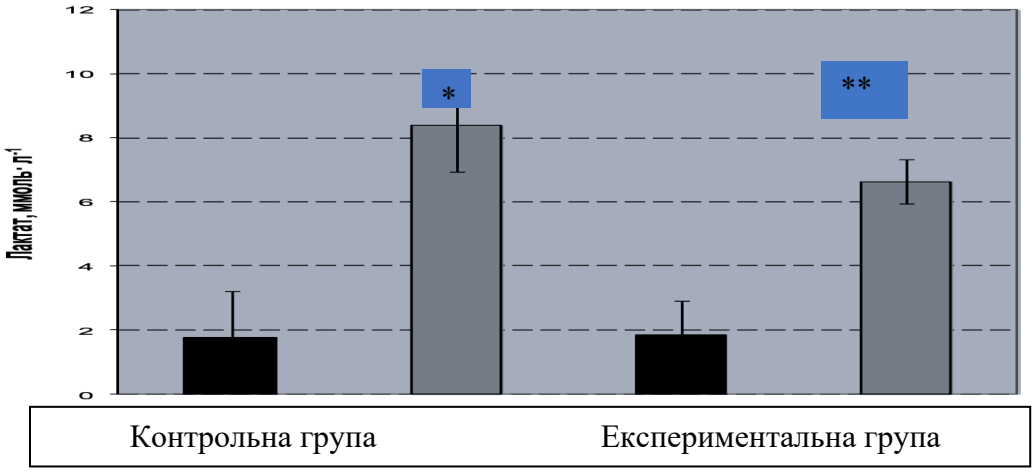


Рис. 2 Вплив АО-комплексу на вміст лактату в крові (n=14)
- фізичне навантаження; -стан спокою

* - відмінності достовірні щодо стану спокою (p<0,05)
** - відмінності достовірні щодо контрольної групи (p<0,05)

Така метаболічна реакція є закономірною у зв'язку з тим, що під впливом комплексу антиоксидантів відбувалося поліпшення спортивного результату і на роботу більшої потужності організм відповідав меншою метаболічною реакцією [5, с. 91-97]. Така закономірність пов'язана з економізацією енергозабезпечення м'язової діяльності.

Таким чином, представлені результати проведеного дослідження підтверджують правильність висунутого нами припущення про ергогенний вплив комплексу вітамінів С, Aevitum (А+Е) та селену. Ергогенна дія підтверджується насамперед позитивним впливом досліджуваного комплексу антиоксидантів на спортивний результат з одночасним зниженням накопичення молочної кислоти.

Висновок. Встановлено, що організм спортсменів сучасного п'ятиборства має низьку здатність пригнічувати накопичення МДА у модельній системі ЖЛП. АО-активність крові може бути обумовлена специфікою м'язової діяльності, завершеністю відновлювальних процесів, дефіцитом антиоксидантів у раціонах харчування та впливом інших факторів. У зв'язку з виявленим фактом спортсменів сучасного п'ятиборства необхідно посилити антиоксидантний статус організму. Це можна здійснити після досліджень щодо виявлення дефіциту однієї з ланок АО-системи з подальшим забезпеченням раціонального харчування та використання необхідних для корекції АО-властивостей організму екзогенних антиоксидантів. Таким чином, досліджуваний АО-комплекс істотно впливає і на показники АО-статусу організму спортсменів, зменшує накопичення та негативні ефекти вільних радикалів, а також утворення МДА, що може сприятливо впливати на фізичну працездатність та процеси відновлення, стан здоров'я.

Перспективи подальших досліджень. Виявлені ефекти використання АО-комплексу відкривають перспективи для його використання в передзмагальний період підготовки спортсменів, що спеціалізуються у видах спорту, пов'язаних з проявом витривалості як одного з неспецифічних засобів управління тренувальної діяльністю.

Список використаних джерел

1. Бєленічев І.Ф., Левицький Є.Л., Губський Ю.І., Коваленко С.І., Марченко О.М. Антиоксидантна система захисту організму. *Сучасні проблеми токсикології*. 2002. № 3(19). С. 24-31.
2. Майданюк О.В., Вдовенко Н.В. Вплив інтенсивних фізичних навантажень на концентрацію тестостерону, кортизолу та інсуліну в крові кваліфікованих спортсменів. *Проблеми ендокринної патології*. 2021. № 76 (2). С. 49-55. DOI:10.21856/j-PEP.2021.2.07
3. Маркідес М. Взаємозв´язок процесів ПОЛ із показниками субстратного метаболізму у віддаленому відновлювальному періоді після фізичних навантажень. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту*. 2003. № 1. С. 79-81.
4. Смульский В.Л., Земцова И.И., Сутковой Д.А. Повышение устойчивости организма к напряженной мышечной деятельности путем коррекции состояния его антиоксидантной системы. *Наука в олимпийском спорте*. 1999. С. 87-92.
5. Станкевич Л.Г., Земцова І.І., Олійник С.А., Осипенко Г.А. Дослідження антиоксидантної здатності різних концентрацій вітамінів С, Е, селену і ліпоєвої кислоти в модельній системі жовточних

ліпопротеїдів. *Актуальні проблеми фізичної культури і спорту. Науково-теоретичний журнал*. 2004. № 3. С. 91-97.

6. Хмельницька Ю.К., Станкевич Л.Г., Земцова І.І. Можливості використання лактату крові в процесі фізіологічного тестування веслярів на байдарках і каное під час загальнопідготовчого етапу підготовчого періоду. *Фізична культура та спорт в європейському освітньому просторі*. 2021. С. 94-98. DOI:10.30525/978-9934-26-112-1-23

7. Alessio HM. Excercise-induced oxidative stress. *Med. Sci. Sports Excerc*. 1993. № 25. С. 218–224.

8. Kropta R., Khmelnitskaya Y., Hruzevych I. et al. Realization the functional preparedness of the ski athletes under the model conditions of competitive distance. *Journal of Physical Education and Sport*, 2020. № 20(1). С. 164-169. DOI:10.7752/jpes.2020.01022

9. Maidaniuk O., Vdovenko N., Husarova A. Effect of intensive physical loads on plasma testosterone and cortisol concentration in elite athletes. *Physical Education Theory and Methodology*. 2022. № 22(3). С. 379–385. DOI:10.17309/tmfv.2022.3.12

10. Paker L., Land J.K., Gohil K., Burk R.T. Selenium deficiency, endurance exercise capaciti, and antioxidant status in rats. *Journal of Applied Physiology*. 1987. № 63. С. 2531-2535.

11. Pingitore A., Lima G.P., Mastorci F., Quinones A., Iervasi G., Vassalle C. Exercise and oxidative stress: potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. *Nutrition*. 2015. № 31(7-8). С. 916-922. Doi:10.1016/j.nut.2015.02.005

12. Reid M.B. Reactive Oxygen Species as Agents of Fatigue. *Med Sci Sports Exerc*. 2016. № 48(11). С. 2239-2246. DOI:10.1249/MSS.0000000000001006

13. Stankevych L, Khmelnytska Y, Vdovenko N, Rossokha H, Yefanova V. Peculiarities of adaptive changes of qualified athletesto middle mountain conditions, Slobozhanskyi Herald of Science and Sport. 2022. № 26(1). С.3-8.

14. Zemtsova I, Stankevich L, Khmelnitskaya Y, Vdovenko N, Dolgopolova V, Krasnova S, Ludvichenko O. Efficiency of using a range of biologically active additives for middle distance runners. *Journal of Physical Education and Sport*, 2020. № 20(1). С. 505-510. DOI:10.7752/jpes.2020.s1075

15. Zhou Z, Chen C, Teo E-C, Zhang Y, Huang J, Xu Y, Gu Y. Intracellular oxidative stress induced by physical exercise in adults: systematic review and meta-analysis. *Antioxidants*. 2022. № 11(9). С. 1751. DOI:10.3390/antiox11091751

References

1. Byelenichev I.F., Levytskyy E.L., Hubskyy Y.I., Kovalenko S.I., Marchenko O.M. (2002). The body's Antioxidant defense system in human body. *Suchasni problemy toksykolohiyi*, 3(19), 24-31.

2. Maidaniuk O.V., Vdovenko N.V. (2021). Effect of intensive physical loads on testosterone, cortisol and insulin blood concentrations in elite athletes. *Problemy endokrynnoyi patolohiyi*, 76 (2), 49-55. Doi:10.21856/j-PEP.2021.2.07

3. Markides M. (2003). Relationship between POL processes and indicators of substrate metabolism in the remote recovery period after physical exertion. *Teoriya i metodyka fizychnoho vykhovannya i sportu*, 1, 79-81.

4. Smulskiy V.L., Zemtsova I.I., Sutkovoy D.A. (1999). Increasing the body's resistance to intense muscle activity by correcting the state of its antioxidant system. *Nauka v olimpiyskom sporte*, 87-92.

5. Stankevych L.G., Zemtsova I.I., Oliynyk S.A., Osipenko G.A. (2004). Investigation of the antioxidant ability of different concentrations of vitamins C, E, selenium and lipoic acid in the model system of yolk lipoproteins [Actual problems of physical culture and sports], *Scientific-theoretical journal*, 3, 91-97.

6. Khmelnitska Y.K., Stankevich L.G., Zemtsova I.I. (2021). Possibility of testing blood lactate in the process of physiological testing of paddlers on kayaks and during the first hour of the preparation stage of the preparation period. *Fizychna kultura ta sport v yevropeyskomu osvitnomu prostori*, 94-98. DOI:10.30525/978-9934-26-112-1-23

7. Alessio H.M. (1993). Excercise-induced oxidative stress. *Med. Sci. Sports Excerc*, 25, 218–224.

8. Kropta R, Khmelnitskaya Y, Hruzevych I et al. (2020). Realization the functional preparedness of the ski athletes under the model conditions of competitive distance. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(1), 164-169. DOI:10.7752/jpes.2020.01022

9. Maidaniuk O, Vdovenko N, Husarova A. (2022). Effect of intensive physical loads on plasma testosterone and cortisol concentration in elite athletes. *Physical Education Theory and Methodology*, 22(3), 379–385. DOI:10.17309/tmfv.2022.3.12

10. Paker L., Land J.K., Gohil K, Burk RT. (1987). Selenium deficiency, endurance exercise capaciti, and antioxidant status in rats. *Journal of Applied Physiology*, 63, 2531-2535.

11. Pingitore A, Lima G.P, Mastorci F, Quinones A, Iervasi G, Vassalle C. (2015). Exercise and oxidative stress: potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. *Nutrition*, 31(7-8), 916-922. DOI:10.1016/j.nut.2015.02.005

12. Reid M.B. (2016). Reactive Oxygen Species as Agents of Fatigue. *Med Sci Sports Exerc*, 48(11), 2239-2246. DOI:10.1249/MSS.0000000000001006

13. Stankevych L, Khmelnytska Y, Vdovenko N, Rossokha H, Yefanova V. (2022). Peculiarities of adaptive changes of qualified athletesto middle mountain conditions, *Slobozhanskyi Herald of Science and Sport*, 26(1), 3-8.

14. Zemtsova I, Stankevich L, Khmelnitskaya Y, Vdovenko N, Dolgopolova V, Krasnova S, Ludvichenko O. (2020). Efficiency of using a range of biologically active additives for middle distance runners. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(1), 505-510. DOI:10.7752/jpes.2020.s1075

15. Zhou Z, Chen C, Teo E-C, Zhang Y, Huang J, Xu Y, Gu Y. (2022). Intracellular oxidative stress induced by physical exercise in adults: systematic review and meta-analysis. *Antioxidants*, 11(9), 1751. DOI:10.3390/antiox11091751