

DOI: 10.26693/jmbs02.03.245

УДК 61:577.1:31.27.51-796.331.441

Гунина Л. М.¹, Носач О. В.², Азаров О. В.³,
Рябіна С. А.³, Коцеруба Л. І.³

ОБҐРУНТОВАНА КОРЕКЦІЯ СТАНУ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ ЯК ЧИННИК ПРОФІЛАКТИКИ ПЕРЕНАПРУЖЕННЯ СПОРТСМЕНІВ

¹Науково-дослідний інститут Національного університету фізичного виховання
і спорту України, Київ

²Національна академія медичних наук України, Науково-організаційне управління, Київ

³ННІ спеціальної фізичної та бойової підготовки і реабілітації
Національного університету державної фіскальної служби України, Ірпінь

gunina.sport@gmail.com

Окисний стрес, притаманний спорту вищих досягнень, є одним з найважливіших чинників подальших численних порушень, починаючи з субклітинного рівня організації до рівня цілісного організму. Тому ретельна оцінка та обґрунтована корекція окисного стресу повинні бути необхідною складовою медико-біологічного контролю спортсменів та високоіндивідуалізованого фармакологічного супроводу тренувального процесу спортсменів на усіх етапах річного макроцикла підготовки. В представленому дослідженні оцінено обидві ланки прооксидантно-антиоксидантної рівноваги з визначенням показників окисного гомеостазу та активності антиоксидантних ферментів у сироватці крові та еритроцитах 89 спортсменів на етапі безпосередньої підготовки до змагань. Показано, що представники циклічних видів спорту (веслування на байдарках і каное та бігові дисципліни легкої атлетики) мають більш високі значення вмісту проміжного продукту пере окиснення ліпідів малонового діальдегіду, та більш низькі активності антиоксидантних ферментів супероксиддисмутази та каталази еритроцитів порівняно з даними у представників силових видів спорту. Наголошується на зв'язку різниці даних стосовно параметрів окисного стресу з механізмом переважного енергозабезпечення м'язової діяльності у різних видах спорту. Визначення численних параметрів окисного стресу для наочності повинно переводитися у форму індексів або коефіцієнтів, на основі динаміки яких протягом річного макроцикла підготовки буде формуватися висновок про необхідність фармакологічної корекції окисного стресу з метою профілактики передчасного стомлення та виникнення перенапруження спортсменів для збереження їх здоров'я та якості життя.

Ключові слова: спорт вищих досягнень, механізм енергозабезпечення, окисний стрес, фармакологічне забезпечення.

Зв'язок з науковими програмами, планами і темами. Робота виконана на умовах бюджетного фінансування Міністерства освіти і науки України в рамках НДР "Технологія стимуляції фізичної працездатності і профілактики перенапруження серцево-судинної системи спортсменів за допомогою нетоксичних ергогенних засобів" (№ держ. реєстрації 0116U002572, шифр теми 2.33.) згідно до Плану науково-дослідної роботи Національного університету фізичного виховання і спорту України та Договору про творчу співпрацю з ННІ спеціальної фізичної та бойової підготовки і реабілітації Національного університету державної фіскальної служби України №1 від 26.06.2017.

Вступ. Властивий інтенсивним фізичним навантаженням спорту вищих досягнень окисний стрес є загальноновизнаним патофізіологічним чинником формування стомлення і перенапруження атлетів, що, в свою чергу, створює передумови для погіршення здоров'я та якості життя спортсменів і відсторонення їх від тренувального процесу. В даний час в практиці лабораторного контролю процесів стимуляції працездатності і розвитку стомлення і перенапруження в спортсменів широко використовується оцінка інтенсивності протікання процесів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) і активності власної антиоксидантної системи (АОС) організму як відображення проявів окисного стресу (ОС) [7]. До природних антиоксидантів належать хімічні речовини, які гальмують реакції вільно-радикального, в тому числі, перекисного окиснення (в першу чергу, ліпідів клітинних мембран) і нейтралізують активні, високореакційноздатні форми кисню (вільні радикали кисню). Основними неферментативними антиоксидантами в організмі є вітаміни С і Е (токоферол), відновлений глутатіон, церулоплазмін. До ферментативної ланці АОС належать каталаза,

супероксиддисмутаза, ферменти обміну глутатіону (глутатіонредуктаза, глутатионпероксидаза, глутатіон-S-трансфераза) [5].

При інтенсивних фізичних навантаженнях посилюються процеси ПОЛ, і в крові накопичуються продукти цих процесів, що є одним з факторів, які лімітують фізичну працездатність. Двома складовими цього механізму є рівень перекисних процесів в скелетних м'язах і залучення лейкоцитів у процес пошкодження. Фізичні навантаження викликають посилення вільно-радикальних процесів в скелетних м'язах при зниженні активності основного ферменту антиоксидантного захисту – супероксиддисмутази (СОД), що призводить до пошкодження цілісності мембран міоцитів. Результатом пошкодження клітинної мембрани є зміна її проникності і наступний вихід в кров як цитоплазматических (міоглобін, АСТ), так і структурних (тропомиозин) білків скелетних м'язів [2].

Пошкодження тканин при гіпоксії і внаслідок розвитку процесу ПОЛ при відновленні кровообігу (реперфузія) стимулює залучення в осередок пошкодження лейкоцитів, які виділяють велику кількість активних форм кисню, тим самим руйнуючи здорові тканини. Інтенсивність цього процесу, що характеризує окислювальний метаболізм гранулоцитів і супероксид-утворюючу функцію фагоцитів крові, може бути оцінена за допомогою ОМГ-тесту. Через добу після інтенсивного фізичного навантаження активність гранулоцитів крові перевищує контрольне значення у здорових нетренованих осіб приблизно в 7 разів і на цьому рівні зберігається протягом наступних трьох діб, потім починає знижуватися, не досягаючи, однак, контрольного рівня і через 7 діб відновлення [1].

Лабораторна діагностика стану системи ПОЛ/АОС є складною багатокомпонентною процедурою, тому уніфіковані критерії порушення змісту і активності компонентів системи в цьому випадку практично відсутні. Вони залежать від використовуваної апаратури, методології, переліку застосованих методик. Якщо визначення продуктів ПОЛ в практиці лабораторного контролю використовується досить часто, то оцінка стану АОС, у зв'язку з методичними труднощами – значно рідше, що в подальшому ускладнює обґрунтовану оцінку вираженості ОС і призначення тих чи інших препаратів антиоксидантів. На жаль, до цього часу антиоксиданти в спорті, в тому числі, спорті вищих досягнень використовуються схематично, залежно від етапу/періоду річного макроцикла підготовки та специфіки виду спорту [4]. В першу чергу, це стосується циклічних видів спорту, де активність процесів вільно-радикального окиснення є максимальною, і тому існують рекомендації застосування

природних та синтетичних антиоксидантів на усіх етапах підготовки, що далеко не завжди є обґрунтованим з точки зору індивідуальних реакцій спортсменів на навантаження та специфіки механізмів енергозабезпечення видів спорту та змагальних дисциплін.

В даний час одним з стандартизованих критеріїв співвідношення процесів ПОЛ і антиоксидантного захисту у спортсменів є запропоноване нами [1] визначення так званого прооксидантно-антиоксидантного коефіцієнту ($K_{\text{на}}$), що розраховується за співвідношенням у клітинних мембранах еритроцитів вмісту одного з кінцевих продуктів ПОЛ – малонового діальдегіду (МДА) та одного з основних природних антиоксидантів – відновленого глутатіону (GSH). Значення $K_{\text{на}}$ понад 2,0-2,5 ум. од. вказує на активацію процесів ПОЛ при розвитку стомлення та перенапруження у зв'язку з пошкодженням ліпідного шару біологічних мембран і обґрунтовує необхідність використання препаратів антиоксидантів як однієї зі складових схеми фармакологічної підтримки тренувальної діяльності [5].

Крім того, оцінку антиоксидантної стану організму проводять з використанням "фактору АОС", який визначається, виходячи зі співвідношення існуючої активності ферментів каталази (Е-КАТ) і супероксиддисмутази (СОД) в еритроцитах до рівня МДА в сироватці/плазмі крові. Таким чином, зниження вираженості АОС при одночасній активації процесів ПОЛ, інтенсивність змін яких залежить від переважного механізму енергозабезпечення конкретного виду спорту, може слугувати важливим критерієм розвитку стомлення та перенапруження [3].

Об'єкт і методи дослідження. Було обстежено 89 спортсменів-чоловіків високої кваліфікації (МСУ, МСМК) на етапі безпосередньої підготовки до змагань, зокрема, 65 представників циклічних видів спорту, включаючи 38 бігунів на середній дистанції і 27 веслувальників на байдарках і каное, а також 24 представники силових видів спорту (важкоатлети). Для характеристики стану ПОЛ/АОС було досліджено показники вмісту МДА в сироватці крові та еритроцитах та активності антиоксидантних ферментів еритроцитів – СОД і Е-КАТ з розрахунком "фактору АОС" [3]. Проведені дослідження повністю відповідають законодавству України і відповідають принципам Гельсінської декларації прав людини, Конвенції Союзу Європи щодо прав людини і біомедицини.

Статистичну обробку отриманих даних здійснювали із використанням методів непараметричної статистики; оцінку достовірності різниці проводили за допомогою критеріїв Вілкоксона та Манна-Уїтні.

Результати дослідження та обговорення. У досліджених групах спортсменів зміни активності антиоксидантних ферментів в еритроцитах були різноспрямованими: активність СОД, порівняно з показником в контрольній групі здорових нетренованих осіб, була достовірно знижена на 20,3 % в групі веслувальників на байдарках і каное, на 29,5 % – в групі легкоатлетів-бігунів на середній дистанції, на 16,3 % – у важкоатлетів.

У тій же час у веслувальників активність Е-КАТ була підвищена на 34,1% порівняно з даними в контрольній групі, на 21,3% – щодо даних у легкоатлетів та лише на 8,7 % – відносно значень активності цього ферменту у важкоатлетів. Однак, це не запобігає помірному зниженню значення "фактору АОС" як інтегрального показника стану антиоксидантного захисту організму, оскільки найбільший вплив на цей показник спричиняла активність СОД ($r_s = 0,723$, $p = 0,005$), але не активність Е-КАТ ($r_s = 0,280$, $p = 0,354$). Відповідно до цих результатів, обидві групи спортсменів, які спеціалізуються у циклічних видах, потребували використання антиоксидантних препаратів, а представники силових видів спорту з переважно анаеробним гліколітичним механізмом енергозабезпечення (важкоатлети) – ні.

При проведенні кількісної інтегральної оцінки ОС при фізичних навантаженнях за відомим алгоритмом М.М. Абакумова [6], заснованим на визначенні співвідношення вмісту і активності максимальної кількості про- і антиоксидантних показників у

сироватці (плазмі) крові та еритроцитах, встановлено, що розраховані коефіцієнти, залежно від включених в розрахунок параметрів, коливаються в межах від 0,545 до 1,12 в контролі (здорові нетреновані особи) та від 0,766 до 1,85 – у спортсменів. Під час оцінки вираженості ОС, що повинна бути невід'ємною складовою медико-біологічного контролю стану спортсменів, доцільно використовувати не більше ніж 2-3 параметри, які бажано для більшої наочності переводити в уніфіковану форму у вигляді коефіцієнтів або індексів, оскільки це дозволяє спростити процедуру контролю цих факторів стомлення та перенапруження і своєчасно провести корекцію тренувального процесу та забезпечити належне фармакологічне забезпечення процесу підготовки.

Висновки. При фізичних навантаженнях процес надмірної активації ПОЛ при одночасному пригніченні власного антиоксидантного захисту може супроводжуватися деструкцією клітинних та субклітинних (лізосомальних) мембран, запускаючи, тим самим, накопичення токсичних продуктів метаболізму і призводячи до розвитку втоми, в зв'язку з чим потребує коректної оцінки ступеня вираженості змін для подальшого вибору тактики фармакологічної підтримки.

Перспективи подальших досліджень полягають у формуванні референтних значень показників активності ПОЛ та АОС у представників різних видів спорту на різних етапах підготовки спортсменів.

References

1. Gunina LM, Vinnichuk UD, Nosach EV. *Biochemical markers of fatigue during physical exertion. Guidelines*. Kiev: Olimpiyskaya literatura; 2013. 35 s. [Ukrainian].
2. Gunina LM, Oleinik SA. Biochemical and hematological control and its importance for the development of pharmacological support schemes for training and competitive activities of athletes. *Nauka v olimpiyskom sporte*; 2009 (1, Spetsvyipusk):177-193. [Ukrainian].
3. Kacherovsky BV, Novak VL, Rudenko VP. *The study of peroxide oxidation of lipids and antioxidant protection of the body in clinical practice. Guidelines*. Lvov: Izdatelstvo Instituta gematologii i transfuzionnoy meditsinyi AMN Ukrainyi; 2002. 20 c. [Ukrainian].
4. Kulinenkov OS. *Pharmacology of sports in tables and charts*. Moskva, Sov. sport; 2015. 173 s. [Russian].
5. *Methods of research and pharmacological correction of a person's physical working capacity*. Monograph; Ed. Academician of the RAS I.B. Ushakov. Moskva: Meditsina; 2007. 321 s. [Russian].
6. *Pat. № 2226276 RF. MPK G01N33/48. Sposob integralnoy otsenki okislitel'nogo stressa pri neotlozhnykh sostoyaniyakh / Abakumov M. M., Davydov B. V., Golikov A. P., Golikov P. P., Polumiskov V. Yu., Matveev S. B.; zayavite-l patentoobladatel Moskovskiy gorodskoy nauchno-issledovatel'skiy institut skoroy pomoshchi im. N. V. Sklifosovskogo. – № 2002105650/15 RU; zayavl. 05.03.2002; opubl. 27.03.2004, Byul. № 5. [Russian].*
7. Kamandulis S, Skurvydas A, Snieckus A, Masiulis N, Aagaard P, Dargeviciute G, Brazaitis M. Monitoring markers of muscle damage during a 3 week periodized drop-jump exercise programme. *J Sports Sci*. 2011; 29 (4): 345-353.

УДК 61:577.1 : 31.27.51-796.331.441

**ОБОСНОВАННАЯ КОРРЕКЦИЯ СОСТОЯНИЯ ПЕРЕКИСНОГО
ОКИСНЕНИЯ ЛИПИДОВ КАК ФАКТОР ПРОФИЛАКТИКИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ
СПОРТСМЕНОВ**

Гунина Л. М., Носач Е. В., Азаров О. В., Рябина С. А., Коцеруба Л. И.

Резюме. Окислительный стресс, присущий спорту высших достижений, является одним из важнейших факторов дальнейших многочисленных нарушений, начиная с субклеточного уровня организации до уровня целостного организма. Поэтому его тщательная оценка и обоснованная коррекция должны быть необходимой составляющей медико-биологического контроля спортсменов и обоснованной с высокой степенью индивидуализации фармакологического сопровождения тренировочного процесса спортсменов на всех этапах годичного макроцикла подготовки. В представленном исследовании оценены оба звена прооксидантно-антиоксидантного баланса с определением показателей окислительного гомеостаза и активности антиоксидантных ферментов в сыворотке крови и эритроцитах у 89 спортсменов на этапе непосредственной подготовки к соревнованиям. Показано, что представители циклических видов спорта (гребля на байдарках и каноэ и беговые дисциплины легкой атлетике) имеют более высокие значения содержания промежуточного продукта перекисления липидов – малонового диальдегида, и более низкие активности антиоксидантных ферментов супероксиддисмутазы и каталазы эритроцитов по сравнению с данными у представителей силовых видов спорта. Отмечается связь разницы данных параметров окислительного стресса с механизмом преимущественного энергообеспечения мышечной деятельности в различных видах спорта. Определение многочисленных показателей окислительного стресса для наглядности должно переводиться в форму индексов или коэффициентов, на основе динамики которых в течение годичного макроцикла подготовки будет формироваться вывод о необходимости фармакологической коррекции окислительного стресса.

Ключевые слова: спорт высших достижений, механизм энергообеспечения, окислительный стресс, фармакологическое обеспечение.

UDC 61:577.1:31.27.51-796.331.441

**Reasonable Correction of Substantiating Lipid Peroxidation Condition
as a Factor of Athletes' Overvoltage Prevention**

Gunina L. M., Nosach O. V., Holovashchenko R. V., Ryabina S. A., Kotseruba L. I.

Abstract. Oxidative stress (OS) is common for intensive physical trainings of sportsman. It is also a well-known pathophysiological factor of fatigue formation and overstrains in athletes, which can create prerequisites for deterioration of athletes' health and quality of life. Sometimes it can even cause their exclusion from the training process. Currently, an assessment of the intensity of lipid peroxidation (LPO) processes and the activity of the body antioxidant system (AOS), as the opposite aspects of OS, is widely used in the practice of the laboratory control for work capacity stimulation and the development of fatigue and overstrain in athletes. Intensive physical trainings tend to enhance LPO processes and contribute to accumulation of intermediate and end products of these processes in blood that limit physical work capacity.

Laboratory diagnostics of LPO/AOS system condition represents a complex multifaceted procedure. Therefore unified criteria for disorder of the content and activity of the system components are practically unavailable in this case. They depend on the laboratory equipment and the methodology. While the determination of LPO products is quite frequently used in the practice of the laboratory control, the condition of AOS is evaluated less often due to methodological difficulties, which further complicates the validated assessment of OS expressiveness and prescription of antioxidant preparations. However, until now antioxidants have been used schematically in sport in general and in elite sport in particular, depending on the stage/period of annual preparation macrocycle and sports' peculiarities. First of all, it refers to cyclic sports events, in which the activity of free radical oxidation processes is maximal. In this case it is recommended to use natural and synthetic antioxidants at every stage of preparation, which is far from being always sound from the athletes' individual responses towards their trainings and specifics of the energy supply mechanisms in different sports events.

Nowadays one of the standardized criteria for correlation of the LPO and antioxidant defense processes in athletes is the definition of the so-called, prooxidant-antioxidant coefficient (C_{pa}), suggested by the authors. It is calculated by ratio of malondialdehyde (MDA), one of the end products of LPO, and reduced glutathione (GSH), one of the major natural antioxidant, contents in erythrocyte cellular membranes.

C_{pa} value above 2.0-2.5 c.u. indicates the activation of LPO processes during the development of fatigue and overstrain due to damage of biological membrane lipid layer, and justifies the necessity of using antioxidant

preparations as one of the constituents of the scheme of training activity pharmacological support. In the course of studies 89 top level male athletes (Masters of sport of Ukraine, International class masters) have been examined at the stage of direct preparation for the competitions. In particular 65 representatives of cyclic sports events including 38 middle distance runners and 27 kayakers and canoeists, and 24 athletes of strength sports events (weightlifters). Changes of antioxidant enzyme activity were differently-directed in the examined groups of athletes: as compared to the index of the control group of healthy non-athletes, the activity of superoxide dismutase in the group of kayakers and canoeists, that of middle distance runners and that of weightlifters was significantly reduced by 20.3 %, 29.5 % and 16,3 %, respectively.

At the same time, the activity of erythrocyte catalases in the group of rowers was increased by 34.1 %, 21.3 % and 8.7 % as compared to data of the control group, the group of runners and the group of weightlifters, respectively. The above results, however, do not prevent a moderate decrease of the importance of "AOS factor" as an integral index of the body antioxidant defense state. In accordance to these results, both groups of athletes of cyclic sports events needed to use antioxidant medications, unlike the representatives of strength sports events with preferentially anaerobic glycolytic mechanism of energy supply (weightlifters).

Therefore, the authors assume that schematic, based on the results of individual usage of antioxidants as a part of sports training pharmacological support, may have an expected positive impact on work capacity and also exert a negative influence upon several processes (erythropoiesis, angiogenesis, respiratory chain activity) and functional systems of regulation (kallikrein-kinin, renin-angiotensin, energy formation) that depend on prooxidant-antioxidant balance in the body of athletes.

Keywords: elite sport, energy supply mechanism, oxidative stress, pharmacological support.

Стаття надійшла 10.07.2017 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування