



СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ
ВИКОРИСТАННЯ
МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДНЮ
ДЛЯ СПОРТСМЕНІВ

Покотило Олег¹, Захарчук Іван², Вихованець Борис³

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

²ПАТ «Вищий навчальний заклад»

«Міжнародна академія управління персоналом»

³Національний педагогічний університет імені М.П.Драгоманова

DOI: 10.32540/2071-1476-2019-1-443

Annotations

Introduction. The study of molecular hydrogen as the latest therapeutic and prophylactic corrector of metabolism has been successfully tested on more than 170 models of pathological conditions. Its effective antioxidant, cytoprotective, anti-inflammatory effect on the body has been proven.

Separate studies of the effects of molecular hydrogen have been conducted on athletes.

The aim of the study - to investigate the level of research and efficiency of using molecular hydrogen in sports medicine and to predict the algorithm of its further research and practical use.

Research Methods: Analysis, generalization of data of professional scientific literature for researching the effect of molecular hydrogen in physical culture and sports and identify opportunities and criteria for its use for athletes and physically active people

Results. An analytical study based on the results of professional publications about the effective use of molecular hydrogen for athletes in the world was conducted. The advantages and disadvantages of using molecular hydrogen for the organism are reasoned. Ways and methods of entry of molecular hydrogen into the body are described.

Inventions of molecular hydrogen generators of Ukrainian scientists, their advantages over foreign analogues and possibilities of their application in sports are shown.

Conclusions. Today in view of the analysis of the situation with the use of molecular hydrogen for therapeutic and prophylactic purposes in medicine and sports medicine in particular, the algorithm of prospects for its further research and practical application follows. Firstly, to study the optimal protocol for the intake of molecular hydrogen, depending on the intensity of physical activity, body weight, age, sex, comorbidities, etc.; secondly, to develop personalized antioxidant strategies for the using molecular hydrogen, taking into account the individual redox characteristics of individuals; thirdly, to investigate the consequences of long-term intake of H₂ during exercise; fourthly, to reveal the alternative mechanism underlying the antioxidant action and other positive effects of molecular hydrogen.

Key words: sports medicine, hydrogen water, «TIG «Liwing Water»», redox potential, oxidative stress.

Анотація

Вступ. Дослідження молекулярного водню як новітнього лікувально-профілактичного коректора метаболізму на сьогодні успішно апробовано на понад 170 моделях патологічних станів. Доведено його ефективну антиоксидантну, цитопротекторну, протизапальну дію на організм. Окремі дослідження впливу молекулярного водню проведено і на спортсменах.

Мета: Встановити рівень досліджень та ефективності застосування молекулярного водню у спортивній медицині і спрогнозувати алгоритм подальших його досліджень і практичного використання.

Методи: Аналіз, узагальнення даних фахової наукової літератури щодо дослідження ефекту молекулярного водню при заняттях фізичною культурою і спортом та визначити можливості і критерії його використання для спортсменів і фізично активних людей.

Результати. Проведено аналітичне дослідження за результатами фахових публікацій щодо результатів ефективного використання молекулярного водню для спортсменів у світі. Обґрунтовано переваги і недоліки застосування молекулярного водню для організму. Описано шляхи та способи надходження молекулярного водню в організм. Показано винаходи генераторів молекулярного водню українських вчених, їх переваги над закордонними аналогами та можливості їх застосування у спорті.

Заключення. З аналізу ситуації з використання молекулярного водню на сьогодні з лікувальною і профілактичною метою у медицині та спортивній медицині зокрема, впливає ступеневий алгоритм перспектив його подальшого наукового дослідження і практичного застосування. По-перше, встановити оптимальний протокол прийому молекулярного водню, в залежності від інтенсивності фізичного навантаження, маси тіла, віку, статі, супутніх захворювань тощо; по-друге, розробити персоналізовані антиоксидантні стратегії використання молекулярного водню, враховуючи індивідуальні окислювально-відновлювальні особливості індивідуумів; по-третє, дослідити наслідки тривалого прийому H_2 при фізичному навантаженні; по-четверте, розкрити альтернативний механізм, що лежить в основі антиоксидантної дії та інших позитивних ефектів молекулярного водню.

Ключові слова: спортивна медицина, воднева вода, «ТИГ «Liwing Water»», окисно-відновний потенціал, оксидативний стрес.

Аннотация

Вступление. Исследование молекулярного водорода как нового лечебно-профилактического корректора метаболизма сегодня успешно апробированы на более 170 моделях патологических состояний. Доказана его эффективную антиоксидантную, цитопротекторную, противовоспалительное действие на организм. Отдельные исследования влияния молекулярного водорода проведены и на спортсменах.

Цель: Установить уровень исследований и эффективности применения молекулярного водорода в спортивной медицине и спрогнозировать алгоритм дальнейших его исследований и практического использования.

Методы: Анализ, обобщение данных специальной научной литературы по исследованию эффекта молекулярного водорода при занятиях физической культурой и спортом и определить возможности и критерии его использования для спортсменов и физически активных людей.

Результаты. Проведено аналитическое исследование о результатах эффективного использования молекулярного водорода для спортсменов в мире. Обоснованы преимущества и недостатки применения молекулярного водорода для организма. Описаны пути и способы поступления молекулярного водорода в организм. Представлены изобретения генераторов молекулярного водорода украинских ученых, их преимущества над зарубежными аналогами и возможности их применения в спорте.

Заключение. Из анализа ситуации по использованию молекулярного водорода сегодня с лечебной и профилактической целью в медицине и спортивной медицине, в частности, следует ступенчатый алгоритм перспектив его дальнейшего научного исследования и практического применения. Во-первых, установить оптимальный протокол приема молекулярного водорода, в зависимости от интенсивности физической нагрузки, массы тела, возраста, пола, сопутствующих заболеваний и т.д.; во-вторых, разработать персонализированные антиоксидантными стратегии использования молекулярного водорода, учитывая индивидуальные окислительно-восстановительные особенности индивидуумов; в-третьих, исследовать последствия длительного приема H_2 при физической нагрузке; в-четвертых, раскрыть альтернативный механизм, лежащий в основе антиоксидантного действия и других положительных эффектов молекулярного водорода.

Ключевые слова: спортивная медицина, водородная вода, ТИГ «Liwing Water», окислительно-восстановительный потенциал, оксидативный стресс.

Вступ. Потенціал молекулярного водню для профілактики і лікування на сьогодні доведений, він може бути ефективним для

десятька найбільш загрозливих життєво станів (серцево-судинні захворювання, злоякісні новоутворення, хронічні захворювання

нижніх дихальних шляхів, цереброваскулярні захворювання, нещасні випадки (ненавмисні травми), хвороба Альцгеймера,

цукровий діабет, грип, пневмонія, нефрит (нефритний синдром та нефроз). (Hoyert, 2011). Молекулярний водень (H_2) – найменша молекула з високою горючістю, яка немає кольору, смаку та запаху (Huang, 2010). Більшість ссавців, включаючи людину, не синтезують гідрогеназу, яка є каталізатором активації H_2 (Fritsch, 2013), а тому H_2 здавна вважався інертним газом у клітинах ссавців і не брався до наукової уваги. Однак, у 2007 році в піонерському дослідженні було повідомлено, що H_2 здатний селективно знижувати вміст гідроксильних радикалів ($-OH$) та пероксинітритів ($ONOO^-$) у культивованих клітинах, але при цьому не впливає на інші реакційноздатні види, такі як: супероксид (O_2^-), перекис водню (H_2O_2) та оксиду азоту (NO) (Ohsawa, 2007).

Введення молекулярного водню в організм може здійснюватися трьома найпоширенішими способами: 1) вдихання газу водню, 2) введення водного розчину, багатого воднем, 3) пиття води, насиченої воднем. Оскільки газ водню не має стороннього запаху і легко вдихається (Ono, 2012).

Газ водню також може утворюватися в шлунково-кишковому тракті людини в невеликій кількості при дії гідрогеназ окремих штамів мікробіоти на невсмоктувані у кишечнику вуглеводи шляхом їх деградації та метаболізму. Утворений молекулярний водень частково дифундує в кровоток і вивільняється та виявляється при видиху, що вказує на його потенціал слугувати біомаркером роботи кишечника (Smith, 2018).

Оскільки дослідження молекулярного водню як новітнього лікувально-профілактичного коректора метаболізму на сьогодні успішно апробовано уже на понад 170 моделях патологічних станів, уже цьому доведено його ефективну антиоксидантну, цитопротекторну, протизапальну дію на організм, а досліджень впливу

молекулярного водню на спортсменів є небагато, проте це надзвичайно перспективний напрямок.

Мета: Встановити рівень досліджень та ефективності застосування молекулярного водню у спортивній медицині і спрогнозувати алгоритм подальших його досліджень і практичного використання.

Дискусія. Щодо ефективності використання водневої води для спортсменів, то вже на сьогодні є ряд науково підтверджених досліджень про її позитивний вплив (Aoki, 2012; Kawamura, 2016; Kawamura, 2019).

Відомо, що будь-яке надмірне підвищення фізичної активності призводить до підвищення рівня окисного стресу, утворення великої кількості вільних радикалів. Незвичне, інтенсивне фізичне навантаження за короткий проміжок часу або тривале і виснажливе (н-д, у військових, інтервальні тренування, змагання тощо) викликають інтенсивний окисний стрес та накопичення молочної кислоти. Виникає метаболічний ацидоз, спричинений фізичними навантаженнями. Це надалі супроводжується такими симптомами перетренованості, такі як підвищена втома, залишкова болочість м'язів, мікророзриви м'язових волокон та запалення.

Вченими доведено, що H_2 легко нейтралізує вільні радикали, зокрема гідроксильний радикал ($-OH^\cdot$) та оксид-радикальний іон (O^+). Особливо важливо, що H_2 , вибірково зв'язує гідроксильний радикал, який є найбільш токсичним для клітин і перетворює його на воду. Інші вільні радикали (наприклад, радикал оксиду азоту) насправді важливі для фізіології клітин та гомеостазу. На відміну від інших неселективних антиоксидантів, H_2 залишає ці «хороші» радикали незмінними (Ohsawa, 2007).

Аналогічне дослідження показало, що вода з H_2 , сприятливо впливає на максимальну швид-

кість сприйняття напруги та накопичення молочної кислоти при критичній швидкості бігу під час максимальної фізичної вправи. Поки точний механізм не був визначений, дослідження дійшло висновку, що вода, багата на водень, зменшує фізичну напругу під час максимальних фізичних вправ. Цитата однієї з декількох науково-дослідних робіт на цю тему говорить про це коротко: “Адекватна гідратація водневою водою перед фізичними вправами, знижує рівень лактату в крові та відновлює, спричинене фізичними вправами, зниження функцій м'язів” (Kosuke, 2012).

В окремому дослідженні встановлено ефективність перорального споживання водневої води впродовж 14 днів і місцевих аплікацій водою, насиченою молекулярним воднем при лікуванні і відновленні професійних спортсменів із травмами м'язів тканин (розтягненням м'язів, зв'язок напруги, тендиніт, контузія). Достовірно доведено, що введення водню значно покращує результати запалення (зниження сироваткового реактивного білка в сироватці крові) порівняно з плацебо, а місцеве введення водню додатково покращує результати відновлення після травми (зменшується інтенсивність болю, ступінь набряку). Ці результати підтверджують гіпотезу, що використання молекулярного водню може бути включено як елемент негайного лікування травм м'язів тканин у спортсменів (Da Ponte, 2018).

Крім перорального споживання H_2 -води, ванни з молекулярним воднем є перспективним і неймовірно ефективним методом швидкого відновлення в спорті. Утворений H_2 надходить в організм перорально та через шкіру, і вважається, що H_2 досягає всього тіла лише через 5-10 хв після пиття води з H_2 або ванни з H_2 , порівнюючи із вдиханням H_2 (Ohta, 2011).

На сьогодні встановлені пере-

ваги та недоліки використання молекулярного водню (Kawamura, 2020). Серед очевидних переваг застосування і дії молекулярного водню вважають те, що він легко проникає в (і через) клітинну мембрану і швидко дифундує в органи, вибірково знижує -ОН та ONOO- і не впливає на фізіологічні реактивні види, може надходити в організм за допомогою декількох шляхів введення (інгаляційно, перорально, перкутанно), немає побічних ефектів, інтенсивність насичення можна контролювати у видихуваному повітрі. До умовних недоліків використання молекулярного водню є те, що: він живе в організмі не довго, профілактичний чи лікувальний ефект виконується швидко і тому потребує постійного нового надходження; не встановлений на сьогодні оптимальний протокол прийому, проведена невелика кількість досліджень, ефекти тривалого прийому невідомі.

Виходячи наведених переваг і недоліків використання молекулярного водню у спорті, пропонується обґрунтовано зосередитися на подальших перспективних напрямках його використання.

На сьогодні дослідження впливу H_2 у спортивній науці знаходиться на початкових стадіях, порівнюючи із розвитком водневої медицини загалом. Тому враховуючи вже доведені на доклінічних і клінічних дослідженнях переваги H_2 , доцільно вивчити вплив прийому H_2 на фізіологічні та біохімічні реакції, особливо спричинені фізичними вправами, що є на межі окислювального стресу та розвитку запалення.

Перспектива дослідження впливу молекулярного водню на спортсменів в Україні і світі на сьогодні визначається наступними завданнями:

По-перше, необхідно встановити оптимальний протокол прийому H_2 , виходячи з динаміки H_2 в організмі в залежності

від інтенсивності навантаження, віку, статі. Зокрема, серед методів прийому H_2 , пероральний прийом води з H_2 та купання з H_2 є найбільш практичними методами відновлення молекулярним воднем, які можна використовувати без застережень навіть у загальній спортивній галузі. На сьогоднішній день мало досліджень про зміни H_2 -концентрації в живому організмі після випивання води з H_2 і H_2 -купання (Ohta, 2011, Nogueira, 2018). Проблема у виявленні і, водночас – позитив у швидкому ефекті в тому, що будь-який спосіб введення H_2 досягає піку *in vivo* від 5 до 10 хвилин, а потім повертається до базових значень на 60 хвилин (Ohta, 2011, Nogueira, 2018). Тому отримання швидкого ефекту H_2 , який буде після введення безпосередньо перед або під час фізичного навантаження потрібно дослідити. Це дасть можливість і розкрити біохімічні механізми впливу молекулярного водню. Є думка, що при перевірці такого швидкого ефекту пероральний прийом води H_2 може бути більш вираженим, ніж купання з H_2 .

Перспективною буде розробка комбінованого варіанту швидкого зняття оксидативного стресу і блискавичної реабілітації спортсменів (футбол, волейбол, баскетбол, спринтери, теніс і інші інтенсивні ігрові види спорту) шляхом одночасного прийому води H_2 внутрішньо (до, під час і після тренувань чи змагань) і приймання ванни або перебування в аерозольно-туманному душі з H_2 . Дуже важливими є перші десятки хвилин після змагань чи тренувань щоб зупинити ланцюг вільнорадикального окиснення!

Відомо, що доросла людина вдихає впродовж доби в середньому 550 л O_2 і утворює біля 11 літрів вільних радикалів (особливо-найнебезпечніший ОН), з яких не всі шкідливі. При надмірному надходженні кисню це число зростає в рази і організм умовно

згоряє. І власне H_2 здатний створити з -ОН воду і «погасити пожежу» та продовжити життя клітин, тканин і організму.

В цілому, ідея застосування H_2 води для спортсменів – це швидка реабілітація під час інтенсивного, виснаженого спортивного життя та пролонгація їх віку в цілому, адже вони свій ресурс на життя використали стисло та інтенсивно в короткі терміни, досягаючи неймовірних результатів!

Оскільки вплив H_2 визначають різні фактори, такі як метод прийому, терміни, концентрація H_2 , доза та частота, важливим є зібрання експериментальних і клінічних доказів щодо впливу H_2 на зменшення спричиненого фізичними вправами окислювального стресу та запалення.

По-друге, крім протоколу прийому H_2 , необхідно також провести дослідження, яке враховує індивідуальні окислювально-відновлювальні властивості суб'єктів. Зараз пропонується важливість персоналізованих антиоксидантних стратегій (Margaritelis, 2018), які враховують ряд індивідуальних особливостей індивідумів.

Потрібно вивчити вплив прийому H_2 -води на ряд показників при оксидативному стресі, спричиненому фізичними вправами та порівняти з такими у стані спокою. Тобто встановити, так звану «межу реакції» – це генетично обумовлений діапазон фенотипових реакцій на навантаження чи зміну впливу середовища взагалі. Цей показник і засвідчить перспективи досягнення результатів особистості, з одного боку – як спортсмена, а з іншого – дасть можливість оцінити шанси на подальшу тривалість життя.

По-третє, необхідно дослідити наслідки тривалого прийому H_2 при фізичному навантаженні, адже відомо, що існує і віддалений ефект позитивного впливу молекулярного водню після припинення споживання.

Також відомо, що тривале та надмірне споживання антиоксидантів (наприклад, вітамін С та вітамін Е) гальмує відновно-чутливі сигнальні шляхи та перешкоджає фізіологічній адаптації до тренувань (Gomez-Cabreга, 2015, Kawamura, 2018). Тому слід уникати тривалого та надмірного споживання екзогенних антиоксидантів (вітамінів А, Е, С, які стають оксидантами!) під час тренувань. На відміну від звичайних антиоксидантів, H₂ є селективним і забезпечує вибіркове зниження - OH та ONOO - і не впливають на фізіологічно реактивні види радикалів (Hong, 2010). Тому важливо уточнити вплив тривалого прийому H₂ на фізіологічні адаптації, спричинені тривалими тренувальними вправами.

По-четверте, потрібно розкрити альтернативний механізм, що лежить в основі антиоксидантної дії H₂. Оскільки сьогодні щораз більше доводиться про позитивний вплив молекулярного водню при самих різних порушеннях, то, очевидно, має місце як загальний універсальний механізм (можливо молекулярно-квантовий), так і специфічні – клітинно-тканинні.

У відношенні спортсменів є ряд важливих досліджень, які показали, що прийом H₂ є ефективним для підвищення працез-

датності (Aoki, 2012), зміни метаболізму глюкози та утилізації глікогену у печінці (Aoki, 2012, Kawamura, 2019) та пом'якшення DOMS (Kawamura, 2016), не впливаючи на окислювально-відновлювальні біомаркери.

Таким чином, на сьогодні є фрагментарні та незаперечні докази щодо позитивних ефектів прийому H₂ (Ostojic, 2012, Ostojic, 2014, Drid, 2016, Da Ponte, 2018, Ooi, 2019, LeBaron, 2019, Mikami, 2019, Botek, 2019). Очевидно, що багато висновків щодо медичної ефективності H₂ варто буде пояснити не лише селективним видаленням реактивних видів (Fritsch, 2013) та пригніченням ланцюгових реакцій утворення вільних радикалів при перекисному окисленні ліпідів (Iuchi, 2016).

Очевидно, що після викладеного постає питання: яким чином реалізувати використання молекулярного водню для відновлення і підтримки здоров'я спортсменів. На сьогодні в Україні є розроблений проф. Покотило О.С. термосіонізатор-генератор водневої води «LIVING WATER» (ТІГ «LW»), який здатний автономно перетворювати воду з позитивного значення ОВП на негативне, тобто збагачувати її воднем і надавати відновного характеру щодо метаболічної активності. ТІГ «LW» забезпечує перетворення вихідної

води з плюсовим ОВП (від +100 до +400 мВ) на мінусовий ОВП (від -100 до - 500 мВ) зі слаболужним рН (7,3-8,5) через 5-15 хв. Особливою перевагою даного ТІГ «LW» є його повна автономність, надійність і безперервність роботи, що надзвичайно зручно для використання спортсменами як до і після, так і під час тренувань чи змагань. Підтверджено високу ефективність роботи термосіонізатора-генератора «Living Water» у здатності автономно, швидко створювати електронно-донорну воду з від'ємним ОВП, яка має підвищену біологічну активність (Покотило, 2019).

Перспективи подальших досліджень. Підсумовуючи, можна констатувати, що встановлення позитивного ефекту молекулярного водню є очевидним і достовірно доведеним фактом, дослідження механізмів дії H₂ тільки почалися і в майбутньому нас очікують великі перспективні застосування молекулярного водню для спортсменів і людей із інтенсивними фізичними навантаженнями. Ці нові феноменальні можливості молекулярного водню дадуть реальний шанс людству оздоровлюватися, покращувати якість життя і забезпечать довголіття.

Конфлікт інтересів. Автор заявляє, що не існує ніякого конфлікту інтересів.

Література

1. Aoki K., Nakao A., Adachi T., Matsui Y., and Miyakawa S. Pilot study: effects of drinking hydrogen-rich water on muscle fatigue caused by acute exercise in elite athletes. *Medical Gas Research*. 2012. vol. 2 (1). p. 12. doi.org/10.1186/2045-9912-2-12
2. Botek M., Krejčí J., McKune A. J., Sládečková B. and Naumovski N. Hydrogen rich water improved ventilatory, perceptual and lactate responses to exercise. *International Journal of Sports Medicine*. 2019. vol. 40 (14). P. 879-885. DOI: 10.1055/a-0991-0268
3. Da Ponte A., Giovanelli N., Nigris D., and Lazzar S., Effects of hydrogen rich water on prolonged

References

1. Aoki K., Nakao A., Adachi T., Matsui Y., and Miyakawa S. Pilot study: effects of drinking hydrogen-rich water on muscle fatigue caused by acute exercise in elite athletes. *Medical Gas Research*. 2012. vol. 2 (1). p. 12. doi.org/10.1186/2045-9912-2-12
2. Botek M., Krejčí J., McKune A. J., Sládečková B. and Naumovski N. Hydrogen rich water improved ventilatory, perceptual and lactate responses to exercise. *International Journal of Sports Medicine*. 2019. vol. 40 (14). P. 879–885. DOI: 10.1055/a-0991-0268
3. Da Ponte A., Giovanelli N., Nigris D., and Lazzar S., Effects of hydrogen rich water on prolonged

- intermittent exercise. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2018. vol. 58 (5). P. 612–621. DOI:10.23736/S0022-4707.17.06883-9.
4. Drid P., Trivic T., Casals C., Trivic S., Stojanovic M. and Ostojic S. M. Is molecular hydrogen beneficial to enhance post-exercise recovery in female athletes? *Science & Sports*. 2016. vol. 31(4). P. 207–213. doi.org/10.1016/j.scispo.2016.04.010
 5. Fritsch J., Lenz O., and Friedrich B. Structure, function and biosynthesis of O₂-tolerant hydrogenases. *Nature Reviews Microbiology*. 2013. vol. 11(2). P. 106–114.
 6. Gomez-Cabrera M. C., Salvador-Pascual A., Cabo H., Ferrando B., and Vina J. Redox modulation of mitochondriogenesis in exercise. Does antioxidant supplementation blunt the benefits of exercise training? *Free Radical Biology & Medicine*. 2015. vol. 86. P. 37–46. doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2015.04.006
 7. Hong Y., Chen S., Zhang J. M. Hydrogen as a selective antioxidant: a review of clinical and experimental studies. *The Journal of International Medical Research*. 2010. vol. 38 (6). P. 1893–1903. doi.org/10.1177/147323001003800602
 8. Hoyert D.L, Xu J.Q: Death: preliminary data for 2011. National reports on vital statistics; volume 61. http://www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr61/nvsr61_06.pdf
 9. Huang C. S., Kawamura T., Toyoda Y., and Nakao A. Recent advances in hydrogen research as a therapeutic medical gas. *Free Radical Research*. 2010. vol. 44 (9). P. 971–982, <https://doi.org/10.3109/10715762.2010.500328>
 10. Iuchi K., Imoto A., Kamimura N. et al. Molecular hydrogen regulates gene expression by modifying the free radical chain reaction-dependent generation of oxidized phospholipid mediators. *Scientific Reports*. 2016. vol. 6 (1). doi.org/10.1038/srep18971
 11. Kawamura T., Higashida K, Muraoka I. Application of Molecular Hydrogen as a Novel Antioxidant in Sports Science. *Oxid Med Cell Longev*. 2020. 2328768. doi:10.1155/2020/2328768
 12. Kawamura T., Fujii R., Higashida K. Muraoka I. Hydrogen water intake may suppress liver glycogen utilization without affecting redox biomarkers during exercise in rats. *Gazzetta Medica Italiana - Archivio per le Scienze Mediche*. 2019. vol. 178 (9). P. 611–617. doi: 10.23736/S0393-3660.18.03912-8
 13. Kawamura T., Gando Y., Takahashi M., Hara R., Suzuki K., Muraoka I. Effects of hydrogen bathing on exercise-induced oxidative stress and delayed-onset muscle soreness. *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*. 2016. vol. 65 (3). P. 297–305. doi.org/10.7600/jspfsm.65.297
 14. Kawamura T., I. Muraoka. Exercise-induced intermittent exercise. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2018. vol. 58 (5). P. 612–621. DOI:10.23736/S0022-4707.17.06883-9.
 4. Drid P., Trivic T., Casals C., Trivic S., Stojanovic M. and Ostojic S. M. Is molecular hydrogen beneficial to enhance post-exercise recovery in female athletes? *Science & Sports*. 2016. vol. 31(4). P. 207–213. doi.org/10.1016/j.scispo.2016.04.010
 5. Fritsch J., Lenz O., and Friedrich B. Structure, function and biosynthesis of O₂-tolerant hydrogenases. *Nature Reviews Microbiology*. 2013. vol. 11(2). P. 106–114.
 6. Gomez-Cabrera M. C., Salvador-Pascual A., Cabo H., Ferrando B., and Vina J. Redox modulation of mitochondriogenesis in exercise. Does antioxidant supplementation blunt the benefits of exercise training? *Free Radical Biology & Medicine*. 2015. vol. 86. P. 37–46. doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2015.04.006
 7. Hong Y., Chen S., Zhang J. M. Hydrogen as a selective antioxidant: a review of clinical and experimental studies. *The Journal of International Medical Research*. 2010. vol. 38 (6). P. 1893–1903. doi.org/10.1177/147323001003800602
 8. Hoyert D.L, Xu J.Q: Death: preliminary data for 2011. National reports on vital statistics; volume 61. http://www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr61/nvsr61_06.pdf
 9. Huang C. S., Kawamura T., Toyoda Y., and Nakao A. Recent advances in hydrogen research as a therapeutic medical gas. *Free Radical Research*. 2010. vol. 44 (9). P. 971–982, <https://doi.org/10.3109/10715762.2010.500328>
 10. Iuchi K., Imoto A., Kamimura N. et al. Molecular hydrogen regulates gene expression by modifying the free radical chain reaction-dependent generation of oxidized phospholipid mediators. *Scientific Reports*. 2016. vol. 6 (1). doi.org/10.1038/srep18971
 11. Kawamura T., Higashida K, Muraoka I. Application of Molecular Hydrogen as a Novel Antioxidant in Sports Science. *Oxid Med Cell Longev*. 2020. 2328768. doi:10.1155/2020/2328768
 12. Kawamura T., Fujii R., Higashida K. Muraoka I. Hydrogen water intake may suppress liver glycogen utilization without affecting redox biomarkers during exercise in rats. *Gazzetta Medica Italiana - Archivio per le Scienze Mediche*. 2019. vol. 178 (9). P. 611–617. doi: 10.23736/S0393-3660.18.03912-8
 13. Kawamura T., Gando Y., Takahashi M., Hara R., Suzuki K., Muraoka I. Effects of hydrogen bathing on exercise-induced oxidative stress and delayed-onset muscle soreness. *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*. 2016. vol. 65 (3). P. 297–305. doi.org/10.7600/jspfsm.65.297
 14. Kawamura T., I. Muraoka. Exercise-induced

- oxidative stress and the effects of antioxidant intake from a physiological viewpoint. *Antioxidants*. 2018. vol. 7 (9). P. 119. doi.org/10.3390/antiox7090119
15. LeBaron T. W., Larson A. J., Ohta S. et al. Acute supplementation with molecular hydrogen benefits submaximal exercise indices. Randomized, Double-Blinded, Placebo-Controlled Crossover Pilot Study. *Journal of Lifestyle Medicine*. 2019. vol. 9 (1). P. 36–43. doi: 10.15280/jlm.2019.9.1.36
 16. Margaritelis N. V., Paschalis V., Theodorou A. A., Kyparos A. and Nikolaidis M. G. Antioxidants in personalized nutrition and exercise. *Advances in Nutrition*. 2018. vol. 9(6). P. 813–823. doi.org/10.1093/advances/nmy052
 17. Mikami T., Tano K., Lee H. et al. Drinking hydrogen water enhances endurance and relieves psychometric fatigue: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2019. vol. 97 (9). P. 857–862. doi.org/10.1139/cjpp-2019-0059
 18. Nogueira J. E., Passaglia P., Mota C. M. D. et al. Molecular hydrogen reduces acute exercise-induced inflammatory and oxidative stress status. *Free Radical Biology & Medicine*. 2018. vol. 129. P. 186–193. doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.09.028
 19. Ohsawa I., Ishikawa M., Takahashi K. et al. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. *Nature Medicine*. 2007. vol. 13 (6). P. 688–694.
 20. Ohta S. Recent progress toward hydrogen medicine: potential of molecular hydrogen for preventive and therapeutic applications. *Current Pharmaceutical Design*. 2011. vol. 17 (22) P. 2241–2252. doi.org/10.2174/138161211797052664
 21. Ooi C.H., Ng S. K., and Omar E. A. Acute ingestion of hydrogen-rich water does not improve incremental treadmill running performance in endurance-trained athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2020. 45(5). P. 513–519, <https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0553>
 22. Ostojic S. M. Serum alkalization and hydrogen-rich water in healthy men. *Mayo Clinic Proceedings*. 2012. vol. 87 (5). P. 501–502. doi.org/10.1016/j.mayocp.2012.02.008
 23. Ostojic S. M., Stojanovic M. D. Hydrogen-rich water affected blood alkalinity in physically active men. *Research in Sports Medicine*. 2014. vol. 22 (1). P. 49–60. doi.org/10.1080/15438627.2013.852092
 24. Smith N.W., Shorten P.R., Altermann E.H., Roy N.C., McNabb W.C. Hydrogen cross-feeders of the human gastrointestinal tract. *Gut Microbes*. 2018. 10. P. 1–9. doi: 10.1080/19490976.2018.1546522.
 25. Покотило О. С., Головач П. І., Покотило С. О.. Дослідження закономірностей утворення електронодонорної води на основі змін рН і ОБП oxidative stress and the effects of antioxidant intake from a physiological viewpoint. *Antioxidants*. 2018. vol. 7 (9). P. 119. doi.org/10.3390/antiox7090119
 15. LeBaron T. W., Larson A. J., Ohta S. et al. Acute supplementation with molecular hydrogen benefits submaximal exercise indices. Randomized, Double-Blinded, Placebo-Controlled Crossover Pilot Study. *Journal of Lifestyle Medicine*. 2019. vol. 9 (1). P. 36–43. doi: 10.15280/jlm.2019.9.1.36
 16. Margaritelis N. V., Paschalis V., Theodorou A. A., Kyparos A. and Nikolaidis M. G. Antioxidants in personalized nutrition and exercise. *Advances in Nutrition*. 2018. vol. 9(6). P. 813–823. doi.org/10.1093/advances/nmy052
 17. Mikami T., Tano K., Lee H. et al. Drinking hydrogen water enhances endurance and relieves psychometric fatigue: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2019. vol. 97 (9). P. 857–862. doi.org/10.1139/cjpp-2019-0059
 18. Nogueira J. E., Passaglia P., Mota C. M. D. et al. Molecular hydrogen reduces acute exercise-induced inflammatory and oxidative stress status. *Free Radical Biology & Medicine*. 2018. vol. 129. P. 186–193. doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.09.028
 19. Ohsawa I., Ishikawa M., Takahashi K. et al. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. *Nature Medicine*. 2007. vol. 13 (6). P. 688–694.
 20. Ohta S. Recent progress toward hydrogen medicine: potential of molecular hydrogen for preventive and therapeutic applications. *Current Pharmaceutical Design*. 2011. vol. 17 (22) P. 2241–2252. doi.org/10.2174/138161211797052664
 21. Ooi C. H., Ng S. K., and Omar E. A. Acute ingestion of hydrogen-rich water does not improve incremental treadmill running performance in endurance-trained athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2020. 45(5). P. 513–519, <https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0553>
 22. Ostojic S. M. Serum alkalization and hydrogen-rich water in healthy men. *Mayo Clinic Proceedings*. 2012. vol. 87 (5). P. 501–502. doi.org/10.1016/j.mayocp.2012.02.008
 23. Ostojic S. M., Stojanovic M. D. Hydrogen-rich water affected blood alkalinity in physically active men. *Research in Sports Medicine*. 2014. vol. 22 (1). P. 49–60. doi.org/10.1080/15438627.2013.852092
 24. Smith N.W., Shorten P.R., Altermann E.H., Roy N.C., McNabb W.C. Hydrogen cross-feeders of the human gastrointestinal tract. *Gut Microbes*. 2018. 10. P. 1–9. doi: 10.1080/19490976.2018.1546522.
 25. Pokotylo O. S., Holovach P. I., Pokotylo S. O.. Doslidzhennia zakonominrostei utvorennia

вод в термосах-іонізаторах-генераторах «Living water». Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія Біологія. 2019. Vol 78. N4. С. 24-29. <http://journals.chem-bio.com.ua/index.php/biology/article/view/63>

elektronodonornoj vody na osnovi zmin rN i OVP vod v termosakh-ionizatorakh-heneratorakh «Living water». Naukovi zapysky Ternopil'skoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii Biolohiia. 2019. Vol 78. N4. S. 24-29. <http://journals.chem-bio.com.ua/index.php/biology/article/view/63> (in Ukrainian).

Покотило Олег

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
вул. Руська 56, Тернопіль, 46001, Україна
e-mail: Pokotylo_oleg@ukr.net, тел: +380972079605

Захарчук Іван

ПАТ «Вищий навчальний заклад» «Міжнародна академія управління персоналом»
м. Київ, вул. Фрометівська, 2, Україна
e-mail: fantazir@ukr.net, тел: +380992621707

Вихованець Борис

Національний педагогічний університет імені М.П.Драгоманова
вулиця Пирогова, 9, Київ, 02000, Україна
e-mail: aqua.brk@gmail.com, тел: +380960017030