

УДК [57+61+796]:615.832.1

DOI: [https://doi.org/2786-6424-2022-1\(1\)-11-17](https://doi.org/2786-6424-2022-1(1)-11-17)

ORCID 0000-0001-5865-1306

ORCID 0000-0002-0795-3141

ORCID 0000-0002-0034-6891

КУЙБИДА Віктор

кандидат біологічних наук,
доктор історичних наук,
професор кафедри біології,
методології та методики
навчання, декан факультету
фізичної культури, спорту і
здоров'я, Університет
Григорія Сковороди в
Переяславі, Переяслав,
Україна
e-mail:viktor_kuybida@ukr.net

КОХАНЕЦЬ Петро

кандидат наук з фізичного
виховання і спорту, доцент
кафедри спортивних ігор,
заступник декана факультету
фізичної культури, спорту і
здоров'я, Університет Григорія
Сковороди в Переяславі,
Переяслав, Україна
e-mail:Kohanetz@ukr.net

ЛОПАТИНСЬКА Валентина

кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри біології та
методики навчання,
Університет Григорія
Сковороди в Переяславі,
Переяслав, Україна
e-mail:Kohanetz@ukr.net

МЕДИКО-БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ САУНИ НА СПОРТИВНУ ДІЯЛЬНІСТЬ**Анотація**

Вступ. Термічний вплив сауни на організм людини є різновидом термостресу. Досі спортивні, біохімічні, фізіологічні, медичні аспекти впливу тепла через призму динаміки змін в організмі людини комплексно не вивчені. Суперечливими є результати частини експериментаторів щодо нервової та гуморальної регуляції в різних системах органів людини. Не повністю з'ясовано ефекти сауни в процесі акліматизації до змагань в країнах з жарким кліматом, підтриманні спортивних кондицій травмованих спортсменів і представників масового спорту, корекції швидкісно-силових якостей та витривалості. Зазначені аспекти проблеми мають велике значення для сучасної теорії та методики фізичної культури і спорту, оптимальних здоров'язберігальних технологій. Тому проблема вивчення різновекторного впливу сауни є **актуальною** і додаткових доказів не потребує.

Метою оглядового дослідження було з'ясування біохімічних, фізіологічних механізмів адаптації організму людини до перегріву, обезводнення упродовж різних фаз сеансу, віддалених оздоровчих і спортивних результатів та осучаснення методики її застосування. Пошук літератури у статті здійснено за **методикою** використання зазначених вище ключових слів в електронній базі даних *PubMed*. Пошукові терміни стосовно біологічних, медичних та спортивних аспектів впливу сауни, механізмів адаптації до неї та методики застосування термотерапії уведено в різних комбінаціях, використовуючи списки літератури в оригінальних наукових статтях та оглядах.

Результати дослідження та висновки: з'ясовано деякі аспекти механізму впливу тепла на фізичні кондиції та спортивні показники швидкісно-силової діяльності, витривалості людей та методики його використання. Показано місце, роль, динаміку змін активних форм кисню, балансу між ними та антиоксидантною системою. Уточнено наслідки змін температури ядра тіла людини та стабілізаційну функцію білків термального шоку. Зроблено спробу усунення протиріччя в розумінні експериментальних результатів щодо ендокринної та нервової регуляції в різних системах організму.

Ключові слова: сауна, механізм термоадаптації, спортивні результати.

Annotation

Abstract. The thermal effect of the sauna on the human body is a type of thermal stress. So far, sports, biochemical, physiological, medical aspects of the effects of heat in the light of the dynamics of changes in the human body have not been comprehensively studied. The results of some experimenters on nervous and humoral regulation in various human organ systems are contradictory. The effects of sauna in the process of acclimatization to competitions in countries with hot climate, maintenance of sports conditions of injured athletes and representatives of mass sports, correction of speed and strength and endurance are not fully researched. These aspects of the problem are of great importance for modern theory and methods of physical culture and sports, optimal health technologies. Therefore, the problem of multi-vector influence of the sauna is **relevant** and does not require additional evidence. **The purpose** of the review was to explain the biochemical, physiological mechanisms of adaptation of the human body to overheating, dehydration during the various phases of the session, long-term health and sports results and modernization of its application. The literature search in the article was carried out according to the method of using the above keywords in the electronic database *PubMed*. Search terms for biological, medical and sports aspects of sauna exposure, adaptation mechanisms and methods of

thermotherapy have been introduced in various combinations, using bibliographies in original scientific articles and reviews. **The review clarified** some aspects of the mechanism of the effect of heat on physical conditions and sports indicators of power and speed training, endurance of people and methods of its use. The place, role, dynamics of changes in reactive oxygen species, the balance between them and the antioxidant system are shown. The consequences of changes in the core temperature of the human body and the stabilizing function of thermal shock proteins are specified. An attempt is made to eliminate the contradiction in the understanding of experimental results on endocrine and nervous regulation in different body systems.

Keywords: sauna, mechanism of thermal adaptation, sports results.

Вступ. На сьогодні в науковій літературі переважають експериментальні та оглядові роботи, які присвячено деяким біохімічним [2, 7–8, 10–12, 15, 20, 27–28], фізіологічним [1, 4–5, 14, 16, 18, 24, 30], медичним [17–19, 22, 26, 29, 31] та методичним [16, 18] проблемам термічного впливу сауни на організм людини і тварини. Дуже рідко зустрічаються роботи, в яких поєднано зазначені аспекти впливу тепла, механізми адаптації організму на різних рівнях організації та функціонування з показниками фізичної підготовленості. Цей вектор досліджень є перспективним і може принести вагомий результат в теоретичній та практичній площині.

Метою оглядового дослідження було з'ясування біохімічних, фізіологічних механізмів адаптації організму людини до перегріву, обезводнення упродовж різних фаз сеансу, віддалених оздоровчих і спортивних результатів та осучаснення методики її застосування. Пошук літератури у статті здійснено за **методикою** використання зазначених вище ключових слів в електронній базі даних *PubMed*. Пошукові терміни стосовно біологічних, медичних та спортивних аспектів впливу сауни, механізмів адаптації до неї та методики застосування термотерапії уведено в різних комбінаціях, використовуючи списки літератури в оригінальних наукових статтях та оглядах.

Результати досліджень і дискусія. У наукових дослідженнях використовують терміни *вологі сауни* (температура = 70–100 °C; вологість $\geq$ 50%) та *сухі сауни* – (температура = 80–90 °C; вологість = 10–20%). Від кількості використання сеансів метаболічні ефекти термічного впливу поділяють на короткочасні або *гострі* ($\leq$ 3 дні) та тривалі або *хронічні* ($>$ 1 тижня).

Під час проходження нормальних обмінних процесів в організмі людини постійно утворюються активні форми кисню: йони кисню, вільні радикали та пероксиди. У низьких концентраціях вони стимулюють імунні реакції організму, виконують сигнальні та регуляторні функції в різноманітних клітинах. Якщо їх концентрація висока упродовж тривалого часу – проявляються негативні ефекти. Зокрема, відбувається окисне пошкодження ліпідів, білків та нуклеїнових кислот, яке призводить до пошкодження клітин печінки, нирок, серця та волокон скелетних м'язів, а згодом до діабету, раку, серцево-судинних та неврологічних розладів та передчасного старіння тощо [9].

Захист від токсичної дії активних форм кисню здійснюють системи *антиоксидантів* чи *антиокиснювачів*. Їх поділяють на ензимні антиокиснювачі: супероксиддисмутази, каталази, глутатіонпероксидази та неензимні: β -каротин, вітамін С, вітамін Е, глутатіон, білірубін та ін. Рівновагу між процесами окиснення-відновлення підтримують складні регуляторні механізми. Різні фізіологічні стресові чинники (фізичні вправи, температура, радіація, алкоголь та ін.) порушують цей баланс в бік окиснення, що призводить до ряду біохімічних реакцій. Стрес супроводжується утворенням активного супероксидного радикалу – йону молекули кисню з неспареним електроном (O_2^-) та оксиду азоту (NO). Вони ініціюють ланцюгову реакцію утворення інших вільних радикалів, зокрема: пероксиду водню (H_2O_2), гідроксильних радикалів (OH^-), пероксинітриду ($ONOO^-$) та хлорноватистої кислоти (HOCl). Вільні радикали відіграють ключову сигнальну роль в механізмі адаптації м'язів до фізичних вправ та реконструкції скелетних м'язів в процесі їх відновлення. У загальному механізмі дії виділено дві найважливіші окиснювально-відновні реакції сигнальних молекул в скелетних м'язах – ядерний фактор- κB (NF- κB) та рецептор- γ -коактиватор-1 α (PGC-1 α), активований проліфератором пероксисом.

Стрес має дві складові: гостру та хронічну. Якщо в здорових людей гострий стрес триває ~ 2 хвилини – 3 дні то помірний пул активних форм кисню зазвичай посилює антистресові адаптації організму. Насамперед це злиття та біогенез мітохондрій, які призводять до ефективнішого функціонування антиоксидантної системи. Крім того, гостра активація вегетативної нервової системи збільшує вивільнення глюкокортикоїдів та катехоламінів, які прискорюють швидкість метаболізму та підвищують активність факторів транскрипції в організмі. З часом повторна дія гострих стресових факторів призведе до загального зміцнення організму та збереження стану рівноваги систем організму чи *геміостазу* [13].

Хронічний стрес триває $>$ 3-х днів. Він призводить до надмірної активації гіпоталамуса, гіпофіза, надниркових залоз і виснажує їх. У результаті тривалого стресу відбуваються збої в ендокринній регуляції, порушення в роботі окиснювально-відновної системи та надмірної секреції адреналіну, кортизолу та активних форм кисню, зокрема пероксиду водню (H_2O_2) [11]. Його

накопичення ініціює посилення пероксидного окислення ліпідів, пошкодження структури мембран клітин та їх органел. Виникають незворотні зміни в тканинах різноманітних органів, їх пошкодження, елімінація, різноманітні патології.

Під час перебування в сауні клітини організму інтенсивно споживають молекулярний кисень. Цей процес супроводжується посиленням утворенням супероксид-аніону радикалу (O_2^-), пероксиду водню (H_2O_2) та гідроксильного радикалу ($HO^\cdot$). Перетворення O_2^{2-} в H_2O_2 та O_2 відбувається спонтанно або під дією ензимів супероксиддисмутази. Короточасне збільшення концентрації активних форм кисню тимчасово перевищує функціональні можливості антиоксидантної системи. Натомість в фазі відновлення настає потужна стимуляція антиоксидантної системи й організму загалом. Зафіксовано посилення біосинтезу білків теплового шоку після підвищення температури тіла понад пороговий рівень. Вони забезпечують нормальну роботу функціонально-активних регуляторів, каталізаторів, транспортерів та утилізують зношені й незворотно-пошкоджені молекули білків [15]. Продемонстровано, що гострий та хронічний тепловий стрес ефективно підвищують ефективність факторів транскрипції і здатні збільшувати щільність та функціонування мітохондрій всього за тиждень [12]. Мітохондрії служать основним джерелом захисту від активних форм кисню та надмірної кількості вільних радикалів [2].

Встановлено деякі фізіологічні зміни в організмі під час відвідування сауни, зокрема частота серцевих скорочень підвищувалася до 120–150 ударів на хвилину. Цей стан відповідає фізичним вправам низької та середньої інтенсивності для системи кровообігу, але без активної роботи м'язів [18]. Досліджено зміни артеріального тиску та частоти серцевих скорочень під час та після одноразового гострого застосування сауни в 19 здорових дорослих добровольців. Вимірювання здійснено під час 25-хвилинного сеансу сауни (93° C, вологість 13%) та упродовж наступного 30-хвилинного періоду відпочинку і порівняно з аналогічними показниками при субмаксимальному динамічному навантаженні. Встановлено, що термічний шок призвів до значного підвищення частоти серцевого скорочення та поступового збільшення систолічного й діастолічного артеріального тиску. Серцеве навантаження під час користування сауною відповідало помірному фізичному навантаженню 60–100 Вт. Після сеансу обидва показники були нижчими порівняно з вихідним значенням, водночас споживання кисню міокардом в подальшому зросло [14]. У сауні підвищується температура тіла, відбувається перерозподіл крові, збільшується серцевий викид, посилюється кровообіг шкіри та поверхневих м'язів і зменшується – до внутрішніх органів [16]. Показано, що при травматичних порушеннях опорно-рухового апарату тепло полегшує больові відчуття [16].

Після відвідування сауни було зафіксовано деякі біохімічні та фізіологічні зміни в організмі. Робертом Підставським та ін. в 2021 році було досліджено вплив повторного гарячого теплового стресу та занурення в холодну воду на ендокринну систему 30-и чоловіків 19–26 річного віку із помірним та високим рівнем фізичної активності. Учасників експерименту було піддано 4 сеансам сауни по 12 хв (температура: 90–91° C; відносна вологість: 14–16%). Кожен сеанс сауни супроводжували 6-хвилинною перервою на охолодження, під час якої учасників занурювали в холодну воду (10–11° C) на 1хв. Встановлено, що рівень кортизолу в сироватці крові після сауни значно знизився з 13,61 до 9,67 мкг/мл упродовж 72 хвилин. Значних змін концентрацій решти гормонів не відзначено. Натомість рівень тестостерону зріс із 4,04 до 4,24 нг/мл, дегідроепіандростерону сульфату зменшився з 357,5 до 356,82 мкг/мл, а пролактину – з 14,50 до 13,71 нг/мл. Повторне використання фінської сауни індукує значне зниження концентрації кортизолу, але не спричиняє значних змін рівня тестостерону, дегідроепіандростерону сульфату та пролактину [24]. Регулярне тривале відвідування сауни (два сеанси на тиждень) збільшує фракцію викиду лівого шлуночка. Теплова терапія підтримує ударний об'єм лівого шлуночка, незважаючи на значне зниження тиску наповнення шлуночків [4]. Тепловий стрес активує кіназний білок/мішень рапаміцину у ссавців (Akt/mTOR), фосфоінозитид-3-кінази, протеїнкінази і посилює процеси фосфорилування. У результаті підвищення м'язової температури до 38–42° C призводить до посилення синтезу білка і до гіпертрофії скелетних м'язів щурів [30].

Медичні аспекти впливу сауни на здоров'я людей та науково-обґрунтовані застереження щодо її застосування є важливою і дискусійною проблемою. У цьому контексті вважаємо переконливими висновки досліджень стосовно дії сауни, яка знижує ризик утворення тромбу в системі глибоких вен нижніх, а інколи верхніх кінцівок (*венозна тромбоемболія*) у чоловіків середнього віку європейської раси [17]. Результати досліджень свідчать про те, що відвідування сауни (80° C – 100° C) 2–4 рази на тиждень позитивно впливає на здоров'я. Теплові процедури призводять до зниження ризику захворювань серця, легень, шкіри, судин, гіпертонії, інсульту, грипу, зменшення больових відчуттів голови та суглобів при ревматизмі. Вони знижують смертність шляхом ослаблення окисного стресу, запальних процесів. Теплотерапія – своєрідне тренування вегетативної нервової та кровоносно-судинної систем, один із найпотужніших способів покращення ліпідного профілю, артеріального тиску тощо. Фізіологічні ефекти сауни відповідають реакціям, які виникають при фізичному навантаженні середньої або високої інтенсивності, зокрема ходьбі [18].

Регулярне застосування сауни позитивно впливає на фізичні кондиції людей та спортивні результати спортсменів. Результати впливу фізичного навантаження з подальшим відвідуванням сауни (температура $70,2 \pm 1,0^\circ \text{C}$ та вологість повітря $18,2 \pm 6,6\%$) на гострі нервово-м'язові та гормональні реакції представили Джонас А Ріссанен та ін. в 2020 році. Перебування в сауні тривало 32 хвилини і проведено з трьома 10-хвилинними процедурами та 1-хвилинним періодом охолодження, як це зазвичай практикують у Фінляндії. Показано, що усі фізичні навантаження, за якими слідує сауна, зменшили максимальну силу ізометричного пресу для ніг (-9 до -15%) та максимальну швидкість розвитку сил (-20 до -26%) після сауни. Максимальна сила ізометричного пресу для ніг, результати жиму лежачи, максимальна швидкість розвитку сил та показники вертикального стрибка проти руху залишалися на знижених рівнях через 24 години після початку тренування. Концентрація гормону росту, сироваткового тестостерону і кортизолу значно підвищилися при всіх навантаженнях, виміряних у другій половині дня відразу після тренування і перед сауною. Сауна без фізичного навантаження призвела до підвищення (15%) тестостерону. Силове навантаження, за яким слідує сауна, змінювало показники нервово-м'язової діяльності більше, ніж витривалість або комбінована вправа після сауни. Традиційний прийом сауни є додатковим навантаженням після тренування, і воно не бажане за 24 години до наступного тренування [25].

Експеримент щодо впливу тепла на показники м'язової та кісткової маси тривав 12 сеансів (3 процедури на тиждень) і включав 5 наборів 10-хвилинного впливу тепла при високих температурах (100°C ; $20\text{--}30\%$ відносної вологості) в сауні з 5-хвилинним відновленням при температурі (22°C ; $40\text{--}50\%$ відносної вологості) між наборами. Під час проходження сеансів теплового впливу учасники пили воду за бажанням «ad libitum» ($300\text{--}500$ мл). Термотерапія в сауні призвела до поліпшення показників м'язової та кісткової маси. Зокрема м'язова маса ніг зросла на $1,07\%$, мінеральна щільність кісткової тканини на $7,7\%$ і вміст мінералів кісток на $6,17\%$. Дослідження засвідчує, що максимальне зростання м'язової маси відбувається після шести сеансів сауни і воно вище, ніж після 12 сеансів [26].

Досліджено вплив теплового стресу на морфологічні властивості та внутрішньоклітинну сигналізацію нормальних та зденервованих м'язів підшви щурів. У експерименті задні кінцівки тварин занурювали в теплу водяну баню (42°C , 30 хвилин/добу, через день після односторонньої денервації). Упродовж 14 днів експерименту тепловий стрес посилював гіпертрофію нормальних м'язів і послаблював атрофію у зденервованих м'язах [22].

Посттравматичне знерухомлення скелетних м'язів призводить до їх атрофії, погіршення метаболізму та значної втрати функцій. Досліджено вплив щоденної теплової терапії на скелетні м'язи 23 добровольців (11 жінок, 12 чоловіків), які зазнали 10-денної іммобілізації. Термотерапію здійснено за допомогою щоденного 2-годинного теплового лікування з використанням імпульсної короткохвильової діатермії, яка підвищила внутрішньом'язову температуру на $4,2 \pm 0,29^\circ \text{C}$. У результаті дії тепла збільшився рівень білків теплового шоку (HSP) 70 і HSP90 на $25 \pm 6,6$ та $20 \pm 7,4\%$ відповідно. Термічна обробка запобігла іммобілізаційній втраті білків, пов'язаних з усіма п'ятьма мітохондріальними дихальними комплексами, зменшенню площі поперечного перерізу м'язів, дегенеративному переродженню м'язових волокон (*miofibrozu*). Зроблено висновок, що щоденні теплові процедури, які застосовано упродовж 10 днів іммобілізації, запобігають втраті мітохондріальної функції та послаблюють атрофію скелетних м'язів людини [7,15].

На основі описаних наслідків термотерапії було визначено частоту, тривалість та інші методичні аспекти перебування в сауні. Історично склалося, що типовий сеанс сауни зазвичай тривав від 5 до 20 хвилин [18]. Водночас триваліші сеанси можна використовувати залежно від індивіда [16]. Зазначено, що певній групі людей похилого віку, схильних до ортостатичної гіпотензії, сауну слід приймати з обережністю через можливе раптове падіння артеріального тиску після сеансу [16]. Під час та зразу після сауни гіпотензію можна легко усунути шляхом відповідного споживання рідини, щоб уникнути зневоднення [18]. Попередні дослідження показали, що хронічне купання в сауні покращило стійкість клітин до теплового стресу [29], та фізичні показники [6].

Кардіометаболічні переваги хронічного теплового впливу найбільш виражені при дослідженні серцевої функції. Лаукканен та ін. в 2018 році опублікували цікаві результати великого європейського перспективного дослідження стосовно дії сауни. Зокрема у чоловіків, які відвідували сауну два-три рази на тиждень зафіксовано зниження рівня смертності від серцево-судинних захворювань на $\sim 30\%$, а в чоловіків, які відвідували сауну чотири або більше разів на тиждень, ризик впав на $\sim 50\%$ [19]. Аналогічно, Zaccardi та ін. в 2017 році помічено, що в чоловіків, які відвідували сауну два-три рази на тиждень, ризик гіпертонії знизився на $\sim 25\%$, а в чоловіків, які відвідували сауну чотири або більше разів на тиждень, ризик зменшувався на $\sim 45\%$. [31]. Подвійний вплив викликає більшу активацію осей гіпоталамуса та симпатoadреналу та посилене вивільнення маркерів стресу (кортизол, адреналін, норадреналін) порівняно з одинарним [10, 28]. Один сеанс нагрівання (~ 2 год) посилював процеси фосфорилування *in vitro* та *in vivo* в скелетних м'язах людини [8, 20]. Ймовірно, зазначені результати пов'язані з тим, що перебування в

сауни діє як агоніст фізичних вправ та імітує їх ефекти. Подвійна дія двох стресогенів призводить до збільшення витрат калорій, посилення вентиляції та інтенсифікації роботи серцево-судинної системи.

Для осіб, які включили відвідування сауни в свій розпорядок дня, рекомендовано сеанси тривалістю близько 10 хвилин. Поступово їх тривалість слід збільшити до 15 хвилин і відвідувати сауну два-три рази упродовж тижня. Термотерапія сауною стимулює процес акліматизації до перебування в жарких країнах, знижує артеріальний тиск та частоту серцевих скорочень і зменшує ризик раптової смерті серцевої недуги [31]. Після шести-семи сеансів сауни тривалість кожного можна збільшувати з кроком 5 хвилин кожні 2–3 дні, поки не буде досягнуто 45 хвилин. Відсутні дані досліджень стосовно суттєвих переваг для здоров'я тривалості сеансу більшої за вказану величину [19].

Швидкість адаптації та реадаптації організму до підвищеної температури впливає на методику підготовки спортсменів до важливих стартів в умовах жаркого клімату. Загалом період теплової акліматизації тривалістю 5 днів достатній для стабілізації показників частоти серцевих скорочень, базової температури тіла і недостатній для оптимальної швидкості процесу потіння. Натомість без легкого тепл. ового шоку кожен день відбувається втрата 2,5% зазначених пристосувань. Тому загальноновизнано, що помірна та довготривала тепла акліматизація (> 8 днів) корисніша, ніж короткострокова (< 8 днів) для індукування адаптації [23].

Термоадаптація зберігається щонайменше 1 тиждень, але більша її частина втрачається через 1 місяць. При проведенні теплової акліматизації в лабораторних або штучних умовах температуру навколишнього середовища зазвичай встановлюють на рівні 40° С. Теплова акліматизація підвищує позаклітинну концентрацію білків термошоку. Вона може оптимізувати споживання кисню під час наступних фізичних навантажень, покращити збереження глікогену, збільшити вихідну потужність на порозі лактату, знизити концентрацію лактату під час тренування [27].

Попередня акліматизація в середовищі підвищеної температури – один із потужних засобів зниження теплового навантаження під час тренування чи змагань в умовах жару. При перебуванні особи в умовах нижчого теплового впливу позитивні пристосування до акліматизації поступово втрачаються і їй необхідно повторно проходити процес акліматизації. Дослідженнями Канді Д. Ешлі та співавторів було доведено, що повна втрата акліматизації відбувається через 6 тижнів [1].

В експерименті десять помірно тренованих чоловіків здійснили теплову акліматизацію. Сеанс тривав 90 хв упродовж 5 днів при температурі 39,5° С і відносній вологості повітря 60% та контрольованій гіпертермії (ректальна температура 38,5° С). Автори дійшли висновку, що 5-денна теплова акліматизація та вироблена адаптація до підвищеної температури призвела до збільшення втрат тепла. Цей адаптаційний стан зберігався упродовж 1 тижня [5].

У дослідженні порівняно вплив протоколів безперервної та періодичної теплової акліматизації на результативність повторного спринту (60-хвилин їзди на велосипеді з повторюваними спринтами і 10-хвилинною перервою) та оцінено зміну продуктивності роботи після акліматизації. Встановлено, що після акліматизації середня потужність (Вт, кг⁻¹), загальна робота (кДж) і робота (Дж.кг⁻¹) в спеку покращилися, а відчуття спраги знизилася. Зазначені параметри добре зберігалися упродовж наступних 2 тижнів після усунення теплового стимулу [3].

Висновки. Ефекти сауни реалізуються через короткочасне збільшення концентрації активних форм кисню. Ці зміни активують антиоксидантну систему організму в фазі відновлення. Зафіксовано посилення біосинтезу білків теплового шоку, які утворюються після підвищення температури тіла понад пороговий рівень. Вони забезпечують нормальну роботу функціонально активних регуляторів, каталізаторів, транспортерів та утилізують зношені й незворотно-пошкоджені молекули білків.

Сауна є додатковим навантаженням на організм після тренування. Однак у післядії теплового впливу зафіксовано ефективну акліматизацію, покращення показників фізичної підготовленості до перебування та змагань в умовах високої температури регіону.

Підвищення температури тіла призводить до посилення синтезу білка та гіпертрофії скелетних м'язів, послаблення атрофії в зденервованих м'язах, запобігає дегенеративному переродженню м'язових волокон. Максимальне зростання м'язової та кісткової маси відбувається після шести сеансів сауни (один сеанс = три процедури на тиждень). Щоденні теплові процедури упродовж десяти днів іммобілізації, запобігають втраті мітохондріальної функції та витривалості спортсмена. Найпомітніший здоров'язміцнюючий ефект, збільшення тривалості життя та поліпшення спортивних результатів зафіксовано в результаті перебування в сауні два-три рази на тиждень. Зроблено висновок, що наступне тренування чи змагання не бажане після сауни упродовж доби.

Перспективи подальших досліджень. Необхідно дослідити динаміку змін натрійуретичного гормону передсердь у першій фазі перебування в сауні. Цей гормон прискорює виведення води та Na⁺ з організму. З позиції логіки успішної адаптації до уникнення перегріву ми

можемо очікувати збільшення концентрації натрійуретичного гормону в першу фазу сеансу і зменшення – під час другої фази, коли організм зневоднений. Ми припускаємо, що збільшення концентрації соматотропіну та пролактину приурочене початковому етапу сеансу сауни, коли запускається процес інтенсивного потіння для уникнення перегріву. Слід деталізувати ефекти інсуліноподібних факторів росту ІФР-1 та ІФР-2, через які опосередковується дія соматотропіну.

Заява про конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

References

1. Ashley C.D, Ferron J, Bernard T.E. (2015). Loss of heat acclimation and time to re-establish acclimation. *J. Occup. Environ. Hyg.* 12:302–308. doi: 10.1080/15459624.2014.987387.
2. Bhatti J.S, Bhatti G.K, Reddy P.H. (2017). Mitochondrial dysfunction and oxidative stress in metabolic disorders – A step towards mitochondria based therapeutic strategies. *Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis.* May;1863(5):1066-1077. doi: 10.1016/j.bbadis.2016.11.010.
3. Duvnjak-Zaknich D.M, Wallman K.E, Dawson B.T, Peeling P. (2019). Continuous and intermittent heat acclimation and decay in team sport athletes. *Eur. J. Sport Sci.* 19:295–304. doi: 10.1080/17461391.2018.1512653.
4. Fujita S., Ikeda Y., Miyata M., Shinsato T., Kubozono T., Kuwahata S., Hamada N., Miyauchi T., Yamaguchi T., Torii H., Hamasaki S., Tei C. (2011). Effect of Waon therapy on oxidative stress in chronic heart failure. *Circ J.* 75(2):348-56. doi: 10.1253/circj.cj-10-0630.
5. Garrett A.T, Goosens N.G, Rehner N.G, Patterson M.J, Cotter J.D. (2009). Induction and decay of short-term heat acclimation. *Eur. J. Appl. Physiol.* 107:659–670. doi: 10.1007/s00421-009-1182-7.
6. Garrett A.T, Creasy R, Rehner N.J, Patterson M.J, Cotter J.D. (2012). Effectiveness of short-term heat acclimation for highly trained athletes. *Eur J Appl Physiol.* May;112(5):1827-37. doi: 10.1007/s00421-011-2153-3.
7. Hafen P.S, Abbott K, Bowden J, Lopiano R, Hancock C.R, Hyldahl R.D. (2019). Daily heat treatment maintains mitochondrial function and attenuates atrophy in human skeletal muscle subjected to immobilization. *J. Appl. Physiol.* 127:47–57. doi: 10.1152/japplphysiol.01098.2018.
8. Hafen P.S, Preece C.N, Sorensen J.R, Hancock C.R, Hyldahl R.D. (2018). Repeated exposure to heat stress induces mitochondrial adaptation in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985). Nov 1;125(5):1447-1455. doi: 10.1152/japplphysiol.00383.2018.
9. Henderson K.N, Killen L.G, O'Neal EK, Waldman H.S. (2021). The Cardiometabolic Health Benefits of Sauna Exposure in Individuals with High-Stress Occupations. *A Mechanistic Review. Int J Environ Res Public Health.* Jan 27;18(3):1105. doi: 10.3390/ijerph18031105.
10. Huang C.J., Webb H.E., Evans R.K., McCleod K.A., Tangsilsat S.E, Kamimori G.H., Acevedo E.O. (2010). Psychological stress during exercise: Immunoendocrine and oxidative responses. *Exp. Biol. Med.* 235:1498–1504. doi: 10.1258/ebm.2010.010176.
11. Huang C.J, Webb H.E, Zourdos M.C, Acevedo E.O. (2013). Cardiovascular reactivity, stress, and physical activity. *Front. Physiol.* 4:314. doi: 10.3389/fphys.2013.00314.
12. Jin X.L, Wang K, Liu L, Liu H.Y, Zhao F.Q, Liu J.X. (2016). Nuclear factor-like factor 2-antioxidant response element signaling activation by tert-butylhydroquinone attenuates acute heat stress in bovine mammary epithelial cells. *J Dairy Sci.* Nov;99(11):9094-9103. doi: 10.3168/jds.2016-11031.
13. Kawamura T, Muraoka I. (2018). Exercise-Induced Oxidative Stress and the Effects of Antioxidant Intake from a Physiological Viewpoint. *Antioxidants.* 7:119. doi: 10.3390/antiox7090119.
14. Ketelhut S, Ketelhut R.G. (2019). The blood pressure and heart rate during sauna bath correspond to cardiac responses during submaximal dynamic exercise. *Complement Ther Med.* Jun; 44:218-222. doi: 10.1016/j.ctim.2019.05.002.
15. Kuibida V.V, Kohanets P.P, Lopatynska, V.V. (2022). Temperature, heat shock proteins and growth regulation of the bone tissue. *Regulatory Mechanisms in Biosystems,* 13(1), 38-45. <https://doi.org/10.15421/022205>.
16. Kukkonen-Harjula K, Kauppinen K. (2006). Health effects and risks of sauna bathing. *Int J Circumpolar Health.* Jun;65(3):195-205. doi: 10.3402/ijch.v65i3.18102.
17. Kunutsor S.K, Mäkilä T.H, Khan H, Laukkanen T, Kauhanen J, Laukkanen JA. (2019). Sauna bathing reduces the risk of venous thromboembolism: a prospective cohort study. *Eur J Epidemiol.* Oct;34(10):983-986. doi: 10.1007/s10654-019-00544-z.
18. Laukkanen J.A, Laukkanen T, Kunutsor S.K. (2018). Cardiovascular and Other Health Benefits of Sauna Bathing: A Review of the Evidence. *Mayo Clin Proc.* Aug;93(8):1111-1121. doi: 10.1016/j.mayocp.2018.04.008.

19. Laukkanen T, Kunutsor S.K, Khan H, Willeit P, Zaccardi F, Laukkanen J.A. (2018). Sauna bathing is associated with reduced cardiovascular mortality and improves risk prediction in men and women: a prospective cohort study. *BMC Med.* Nov 29;16(1):219. doi: 10.1186/s12916-018-1198-0.
20. Liu C.T, Brooks G.A. (2012). Mild heat stress induces mitochondrial biogenesis in C2C12 myotubes. *J Appl Physiol* (1985). Feb;112(3):354-61. doi: 10.1152/japplphysiol.00989.2011.
21. Millwood I., Bian Z., Whitlock G., Yang L., Collins R., Chen J., Wu X., Wang S., Hu Y., Jiang L., Yang L., Lacey B., Peto R., Chen Z. (2012). China Kadoorie Biobank study collaboration. Seasonal variation in blood pressure and its relationship with outdoor temperature in 10 diverse regions of China: the China Kadoorie Biobank. *J Hypertens.* Jul; 30(7):1383-91. doi: 10.1097/HJH.0b013e32835465b5.
22. Ohira T., Higashibata A., Seki M., Kurata Y., Kimura Y., Hirano H., Kusakari Y., Minamisawa S., Kudo T., Takahashi S. (2017). The effects of heat stress on morphological properties and intracellular signaling of denervated and intact soleus muscles in rats. *Physiol. Rep.* 5:e13350. doi: 10.14814/phy2.13350.
23. Périard J.D, Travers GJS, Racinais S, et al. (2016). Cardiovascular adaptations supporting human exercise-heat acclimation. *Auton Neurosci.* 196:52–62. doi: 10.1016/j.autneu.2016.02.002.
24. Podstawski R, Boryślawski K, Pomianowski A, Krystkiewicz W, Żurek P. (2021). Endocrine Effects of Repeated Hot Thermal Stress and Cold Water Immersion in Young Adult Men. *Am J Mens Health.* Mar-Apr;15(2):15579883211008339. doi: 10.1177/15579883211008339.
25. Rissanen J.A, Häkkinen A, Laukkanen J, Kraemer WJ, Häkkinen K. (2020). Acute Neuromuscular and Hormonal Responses to Different Exercise Loadings Followed by a Sauna. *J Strength Cond Res.* Feb;34(2):313-322. doi: 10.1519/JSC.0000000000003371.
26. Toro V, Siquier-Coll J, Bartolomé I, Pérez-Quintero M, Raimundo A, Muñoz D, Maynar-Mariño M. (2021). Effects of Twelve Sessions of High-Temperature Sauna Baths on Body Composition in Healthy Young Men. *Int J Environ Res Public Health.* Apr 22;18(9):4458. doi: 10.3390/ijerph18094458.
27. Tyler C.J, Reeve T, Hodges G.J, Cheung S.S. (2016). The Effects of Heat Adaptation on Physiology, Perception and Exercise Performance in the Heat: A Meta-Analysis. *Sports Med.* Nov;46(11):1699-1724. doi: 10.1007/s40279-016-0538-5. Erratum in: *Sports Med.* 2016 Nov;46(11):1771.
28. Webb H.E, Weldy ML, Fabianke-Kadue E.C, Orndorff G.R, Kamimori G.H, Acevedo E.O. (2008). Psychological stress during exercise: Cardiorespiratory and hormonal responses. *Eur. J. Appl. Physiol.* 104:973–981. doi: 10.1007/s00421-008-0852-1.
29. Yamada P.M, Amorim F.T, Moseley P, Robergs R, Schneider S.M. (2007). Effect of heat acclimation on heat shock protein 72 and interleukin-10 in humans. *J Appl Physiol* (1985). Oct;103(4):1196-204. doi: 10.1152/japplphysiol.00242.2007.
30. Yoshihara T, Naito H, Kakigi R, Ichinoseki-Sekine N, Ogura Y, Sugiura T, Katamoto S. (2013). Heat stress activates the Akt/mTOR signalling pathway in rat skeletal muscle. *Acta Physiol.* 207:416–426. doi: 10.1111/apha.12040.
31. Zaccardi F., Laukkanen T., Willeit P., Kunutsor S.K., Kauhanen J., Laukkanen J.A. (2017). Sauna Bathing and Incident Hypertension: A Prospective Cohort Study. *Am J Hypertens.* Nov 1;30(11):1120-1125. doi: 10.1093/ajh/hpx102