МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І СПОРТУ УКРАЇНИ

КАФЕДРА МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня магістра

за спеціальністю 091 Біологія

освітньою програмою «Спортивна дієтологія»

на тему:

**«ДІЄТОЛОГІЧНИЙ СУПРОВІД СПОРТСМЕНІВ ДЛЯ ПІДТРИМАННЯ НАДНИРКОВИХ ЗАЛОЗ»**

здобувачки вищої освіти

другого (магістерського) рівня

Йовенко Юлії Олександрівни

Науковий керівник: Бабак С. В.

к.б.н., доцент

Рецензент: Кузнєцова Г.М.

д.б.н., с.н.с. КНУ імені Тараса Шевченка

Рекомендовано до захисту на засіданні

кафедри (протокол № 8 від 21.02.2024 р.)

Завідувач кафедри: Пастухова В. А.

д.м.н., професор

Київ-2024

**ЗМІСТ**

|  |  |
| --- | --- |
| Вступ | 3 |
| РОЗДІЛ1 ФІЗІОЛОГІЯ НАДНИРКОВИХ ЗАЛОЗ | 6 |
| 1.1. Морфо-функціональні особливості надниркових залоз | 6 |
| 1.2. Гормони кори наднирників, механізм дії та патофізіологічні аспекти | 10 |
| 1.3. Гормони мозкового шару наднирників, механізм дії та патофізіологічні аспекти | 12 |
| 1.4. Втома надниркових залоз | 17 |
| 1.5. Надниркова недостатність | 19 |
| Висновки до розділу 1 | 32 |
| РОЗДІЛ 2 БІОХІМІЧНІ МЕХАНІЗМИ АДАПТАЦІЇ НАДНИРКОВИХ ЗАЛОЗ ДО ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ | 33 |
| 2.1. Функції катехоламінів у формуванні адаптації до фізичних навантажень | 33 |
| 2.2. Організація симпато-адреналової системи і регуляція її діяльності | 34 |
| Висновки до розділу 2 | 40 |
| РОЗДІЛ. 3 ВПЛИВ ХАРЧУВАННЯ НА ФУНКЦІЇ НАДНИРКОВИХ ЗАЛОЗ | 41 |
| 3.1. Протеїн та білок для нарниркових залоз | 41 |
| 3.2. Харчова підтримка надниркових залоз | 45 |
| Висновки до розділу 3 | 50 |
| РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ | 52 |
| 4.1. Фізичні навантаження та стан надниркових залоз | 52 |
| 4.2. Дієта при втоми надниркових залоз | 55 |
| ВИСНОВКИ | 63 |
| Список використаних наукових джерел | 66 |

**ВСТУП**

**Актуальність теми.** Відомо, що фізичні вправи корисні для всіх. Це дозволяє спалювати калорії, підтримувати здорову вагу, потіти та детоксикувати, покращувати кровообіг і серцево-судинну систему, підвищувати настрій і багато іншого. Але спортсмени, які практикують фізичні навантаження високої інтенсивності провокують тіло до нових викликів. Це робить їх сильнішими, здібнішими та могутнішими, але також накладає відбиток на надниркові залози. Фізичні вправи, особливо високої інтенсивності, можуть стати стресом для організму. Це означає, що під час високоінтенсивних тренувань наднирники наполегливо працюють, щоб викачати достатньо кортизолу для виконання роботи.

Надмірні фізичні навантаження, незалежно від того, хто їх виконує – спортсмен чи не спортсмен – піддадуть ризику розвитку втоми надниркових залоз.

Фізичні вправи – це стрес для організму. Під час тренування рівень кортизолу зростає і, зазвичай, залишається підвищеним протягом кількох годин після завершення вправи. В цілому це є корисним. Допоки фізичні вправи мають помірну тривалість та інтенсивність, стрес, який вони створюють для організму, є корисним. Ці типи стресу, викликаного фізичними вправами, допомагають створити метаболічний резерв, який можна розглядати як здатність тіла справлятися зі стресом. Нормальна частота та інтенсивність фізичних вправ допомагають навчити тіло краще реагувати на стрес [35, 36, 39, 51, 52, 55, 56].

У спортсменів може виникнути перетренованість. Перетренованість найкраще можна визначити як стан, коли спортсмен неодноразово відчував стрес під час тренувань до такого рівня, що відпочинок більше не є достатнім для відновлення. Саме в періоди відпочинку організм по-справжньому зміцнюється. Це адаптація до максимального навантаження на серцево-судинну та м’язову систему, що відбувається під час відпочинку та призводить до підвищення працездатності. Отже, недостатній відпочинок і підтримка тіла та надниркових залоз призводить до хронічної втоми, низького лібідо та гормонів, а також зниження працездатності, що може тривати від кількох тижнів до місяців.

Щоб позбутися від втоми надниркових залоз, яка виникає у спортсменів, необхідно працювати зі стресом. Але те, які спортсмен споживає продукти, також має значення. Деякі продукти покращують здоров’я надниркових залоз, а інші – навпаки. Варто дотримуватись дієти при втомі надниркових залоз [40, 41, 46, 47].

Тема дослідження актуальна і потребує розгляду та подальшого вивчення, а також розроблення рекомендацій для спортсменів стосовно фізичного навантаження та харчування для забезпечення роботи надниркових залоз та вчасного їхнього відновлення після перевантажень.

**Мета роботи –** вивчити проблематику морфо-функціональних особливостей надниркових залоз при фізичних навантаженнях та висвітлити питання, пов’язані із дієтологічною підтримкою надниркових залоз.

**Завдання роботи:**

1. Опрацювати сучасну наукову літературу і провести мета-аналіз даних, стосовно морфо-функціонального стану надниркових залоз при фізичних навантаженнях та перевантаженнях.

2. Дослідити та описати стани наднирників, які вкладаються в поняття «ниркова недостатність» та «втома надниркових залоз».

3. Вивчити питання стосовно ролі харчування у підтриманні функціонування надниркових залоз при фізичних перевантаженнях організм, зокрема, – надниркових залоз спортсмена..

4. Надати рекомендації спортсменам щодо структуризації фізичного навантаження та дієтологічного супроводу при заняттях спортом.

**Методи досліджень** – мета-аналіз наукового матеріалу з теми дослідження на основі наукової інформації з наукових баз інтернет-джерел.

**Об’єкт дослідження –** стан надниркових залоз у спортсменів.

**Предмет дослідження –** дієтологічний супровід спортсменів для підтримання функціонування надниркових залоз.

**Теоретична значущість роботи** полягає в обґрунтуванні важливості вивчення проблематики втоми надниркових залоз та корегування їхнього стану дієтологічними засобами.

**Практична значущість** результатів дослідження полягає у застосуванні рекомендацій по темі спортсменами та спортивними дієтологами.

Апробація матеріалів кваліфікаційної роботи здійснювалась шляхом участі у міжнародній науково-практичній конференції «Адаптаційні та психофізіологічні проблеми фізичної культури і спорту», (Київ-Черкаси, 7-8 грудня 2023 року) та публікації тез: Бабак С.В., Йовенко Ю.О. «Роль гормонів в адаптації організму до фізичних навантажень» [1].

**РОЗДІЛ 1** **ФІЗІОЛОГІЯ НАДНИРКОВИХ ЗАЛОЗ**

**1.1. Морфо-функціональні особливості надниркових залоз**

Наднирники – це парні залози, які розташовані на нирках і є частиною ендокринної або гормональної системи. Вони відповідають за виробництво та вивільнення кількох різних гормонів, найважливіших з яких:

⮚ епінефрин (адреналін) і норадреналін відповідають за реакцію на боротьбу або втечу;

⮚ альдостерон – допомагає регулювати баланс натрію та води, що впливає на артеріальний тиск;

⮚ кортизол – він же гормон стресу. Він допомагає тілу адаптуватися до стресу, тісно співпрацює з імунною системою та іншими гормональними системами, впливає на енергетичний обмін – на те, як організм розщеплює жири, білки та вуглеводи, а також на виробництво клітинної енергії. Він опосередковує запалення та допомагає регулювати рівень цукру в крові;

⮚ андрогени (включаючи андростендіон і дегідроепіандростерон або ДГЕА) – ці гормони є будівельними блоками для тестостерону та/або естрогену, двох основних статевих гормонів [23, 24, 30, 55, 56].

Це, якщо коротко про наднирники. Більш детально – далі.

Наднирки розміщені над верхніми полюсами нирок, кожен важить 3-5г. Вони оточені сполучнотканинною капсулою і складаються з двох шарів: коркового і мозкового. Кожен з цих шарів відокремлений один від одного сполучнотканинною капсулою, мають складну будову і виконує різні функції.

Корковий шар – складається з трьох зон:

1. зовнішня – клубочкова,
2. середня – пучкова,
3. внутрішня – сітчаста.

Гормони кори наднирників за хімічною будовою відносять до стероїдів і їх називають кортикостероїдами. За фізіологічною дією та місцем синтезу гормони кори наднирників поділяються на три групи:

⬩ мінералокортикоїди – синтезуються у клубочковій зоні, діють на мінеральний і водний обмін;

⬩ глюкокортикоїди – синтезуються у пучковій зоні, впливають переважно на обмін вуглеводів;

⬩ статеві гормони – андрогени, естерони і прогестерон, які синтезуються у сітчастій зоні [10, 19, 23, 26, 46, 47].

Отже, мозковий шар наднирників виробляє адреналін і норадреналіи. Секреція адреналіну здійснюється світлозафарбованими хромафінними клітинами, а норадреналіну – темнозафарбованими хромафінними клітинами. Звичайно на частку адреналіну приходиться 70-90 % катехоламінів, а на частку норадреналіну – решта. На думку Г. Н. Кассіля, людина, в якої норадреналіна продукується мало, поводиться в екстрених ситуаціях подібно кролику – у неї сильно виражене почуття страху, а людина, в якої продукція норадреналіна вище, поводиться як лев (теорія "кролика і лева") [2].

Регуляція секреції адреналіну і норадреналіну здійснюється через симпатичні прегангліонарні волокна, в закінченнях яких виробляється ацетилхолін. Ланцюг подій може бути такий: подразник, який сприймається головним мозком – збудження задніх ядер гіпоталамуса (ерготропних ядер) – збудження симпатичних центрів грудного відділу спинного мозку – прегангліонарні волокна – продукція адреналіну і норадреналіну (викид цих гормонів із гранул) [12, 13].

Схема синтезу катехоламінів така: амінокислота тирозин є основним джерелом утворення катехоламинів: під впливом ферменту тирозингідроксилази тирозин перетворюється в ДОФА, – тобто дезоксифенілаланін. Під впливом ферменту ДОФА-декарбоксилази це з’єднання перетворюється в дофамін. Під впливом дофамін-бета-гідроксилази дофамін перетворюється в норадреналін, а під впливом ферменту фенілетаноламін-н-метилтрансферази норадреналін перетворюється в адреналін (отже: тирозин – ДОФА – дофамін – норадреналін – адреналін) [5].

Метаболізм катехоламінів відбувається за допомогою ферментів. Моноаміноксидаза (МАО) здійснює дезамінування катехоламінів, перетворюючи їх у катехолімін, що спонтанно гідролізується з утворенням альдегіду й аміаку. Другий варіант метаболізувания здійснюється за участю ферменту катехол-О-метилтрансферази. Цей фермент викликає метилювання катехоламінів, переносячи метальну групу від донора – С-аденозилметіоніна. Багато авторів вважають, що катехол-О-метилтрансфераза (КОМТ) в основному розташована внутрішньоклітинно, а МАО – зовнішньоклітинно в плазмі. МАО існує в двох формах (ізомерах) – МАО-А і МАО-В.

Форма А – це фермент нервової клітини, він дезамінує серотонін, адреналін і норадреналін, а форма В – фермент всіх інших тканин. При надходженні в кров адреналін і норадреналін, згідно даним багатьох авторів, руйнуються дуже швидко – час напіврозпаду складає 30 секунд. Вперше виділив адреналін у 1901 р. Такаміне [5].

Фізіологічні ефекти адреналіну і норадреналіну багато в чому ідентичні активації симпатичної нервової системи. Тому адреналін і норадреналін наднирників називають рідкою симпатичною нервовою системою. Ефекти адреналіну і норадреналіну реалізуються за рахунок взаємодії з альфа- і бета-адренорецепторами. Так як практично всі клітини організму містять ці рецептори, в тому числі клітини крові – еритроцити, лімфоцити, то ступінь впливу адреналіну і норадреналіну як гормонів (на відміну від симпатичної нервової системи) набагато ширша. В адреналіна і норадреналіна виявлені численні фізіологічні ефекти, як у симпатичної нервової системи: активація діяльності серця, розслаблення гладеньких м’язів бронхів і т.п.

Особливо важливо відзначити здатність катехоламінів активувати глікогеноліз і ліполіз. Глікогеноліз здійснюється за рахунок взаємодії з бета-2-адренорецепторами в клітинах печінки. Відбувається наступний ланцюг подій: активація аденілатциклази – підвищення внутрішньоклітинної концентрації цАМФ – активація протеїнкінази (кінази фосфорилази) – перехід неактивної фосфорилази В в активну фосфорилазу А – розщеплення глікогену до глюкози. Процес цей здійснюється досить швидко. Тому адреналін і норадреналін використовуються в реакції організму на надмірно небезпечні впливи, тобто в стрес-реакції. Ліполіз – розщеплення жиру до жирних кислот і гліцерину як джерел енергії відбувається в результаті взаємодії адреналіну і норадреналіну з бета-1 і бета-2-адренорецепторами. При цьому ланцюг подій такий: аденілатциклаза (активація) – підвищення внутрішньоклітинної концетрації цАМФ – активація протеїнкінази – активація тригліцеридліпази – розщеплення жиру до жирної кислоти і дигліцерида, а потім послідовно за участю вже активних ферментів дигліцеридліпази і моногліцеридлипази – до жирних кислот і гліцерину. Крім того, катехоламіни беруть участь в активації термогенезу (продукції тепла), в регуляції секреції багатьох гормонів. Так, за рахунок взаємодії адреналіну з бетаадренорецепторами підвищується продукція глюкагона, реніну, гастрина, паратгормона, кальцитоніна, інсуліну, тиреоїдних гормонів [5].

При взаємодії катехоламінів з бетаадренорецепторами пригнічується вироблення інсуліну.

Один з важливих напрямків у сучасній ендокринології катехоламінів – це процес керування синтезом адренорецепторів. В даний час інтенсивно досліджується питання про вплив різних гормонів і інших факторів на рівень синтезу адренорецепторів.

Згідно даним деяких дослідників, у крові людини і тварин, можливо, є ще один вид гормону, близький за значенням до катехоламінів, який найбільше тропний до бетаадренорецепторів. Умовно він названий ендогенний бета-адреноміметик. Не виключено, що у вагітних жінок цей фактор відіграє вирішальну роль у процесі гальмування маткової активності і виношування плоду.

Нещодавно вченими була встановлена наявність у крові людини і тварин, а також в інших біорідинах (у лікворі, навколоплодових водах, слині і сечі) чинників, що змінюють адренореактивність органів і тканин. Вони одержали назву адреномодуляторів прямої (швидкої) і непрямої (уповільненої) дії. До адреномодуляторів прямої дії відносяться ендогенний сенсибілізатор (β-адренорецепторів (ЕСБАР), що підвищує чутливість клітин, що містять β-адренорецептори, до катехоламінів у сотні разів, а також ендогенний блокатор β-адренорецепторів (ЕББАР), що, навпаки, знижує β-адренореактивність [3, 5].

Не виключено, що за своєю природою ЕСБАР – це комплекс амінокислот: три ароматичні амінокислоти (гістидин, триптофан і тирозин) подібно ЕСБАР здатні значно підвищувати β-адренореактивність гладеньких м’язів матки, судин, трахеї. Ці дані означають, що реакція клітини або органа на катехоламіни залежить не тільки від концентрації α- і β-адренорецепторів і рівня катехоламінів, але і від вмісту в середовищі адреномодуляторів, що може теж змінюватися.

**1.2. Гормони кори наднирників, механізм дії та патофізіологічні аспекти**

Як було вказано вище, – у клубочковій зоні в основному продукуються мінералокортикоїди, у пучковій — глюкокортикоїди, а в сітчастій — андрогени і естрогени, тобто статеві гормони [23, 24, 26, 30, 31, 46, 47].

До групи мінералокортикоїдів відносяться: альдостерон, дезоксикортикостерон, 18-оксикортикостерон, 18-оксидезоксикортикостерон. Основний представник мінералокортикоїдів – альдостерон. Механізм дії альдостерону зв’язаний з активацією синтезу білка, що бере участь у реабсорбції іонів натрію. Цей білок можна назвати як калій-натрій-активуюча АТФ-аза, або білок, індукований альдостероном. Місце дії (клітини-мішені) – це епітелій дистальних канальців нирки, в яких за рахунок взаємодії альдостерону з альдостероновими рецепторами підвищується продукція мРНК і рРНК і активується синтез білка – переносника натрію. В результаті цього нирковий епітелій підсилює процес зворотного всмоктування натрію з первинної сечі в інтерстиціальну тканину, а відтіля – у кров. Механізм активного транспорту натрію (з первинної сечі в інтерстицій) зв’язаний із протилежним процесом – екскрецією калію, тобто видаленням іонів калію з крові в кінцеву сечу. У процесі реабсорбції натрію пасивно зростає і реабсорбція води. Таким чином, альдостерон є натрійзберігаючим, а також калійуретичним гормоном. За рахунок затримки в організмі іонів натрію і води альдостерон сприяє підвищенню рівня артеріального тиску. Альдостерон також впливає на процеси реабсорбції натрію в слинних залозах. При рясному потовиділенні альдостерон сприяє збереженню натрію в організмі, перешкоджає його втраті не тільки із сечею, але і з потом. Калій же, навпаки, з потом видаляється при дії альдостерону. Регуляція продукції альдостерону здійснюється за допомогою декількох механізмів: головний з них – ангіотензиновий – під впливом ангіотензина-ІІ (а його продукція зростає під впливом реніну), підвищується продукція альдостерону [19].

Другий механізм – підвищення продукції альдостерону під впливом АКТГ, але в цьому випадку посилення викиду альдостерону набагато менше, ніж під впливом ангіотензина-ІІ.

Третій механізм – за рахунок прямого впливу натрію і калію на клітини, які продукують альдостерон. Не виключене існування інших механізмів (простагландинового, кінінового та ін.).

Вище уже відзначалося, що натрійуретичний гормон, або атріопептин, є антагоністом альдостерону: він, по-перше, сам по собі знижує реабсорбцію натрію, а по-друге, блокує продукцію альдостерону і механізм його дії [3, 5].

**1.3. Гормони мозкового шару наднирників, механізм дії та патофізіологічні аспекти**

Серед різних глюкокортикоїдів найбільш важливими є кортизол, кортизон, кортикостерон, 11-дезоксикортизол, 11-дегідрокортикостерон [46, 55, 56].

Найбільш сильний фізіологічний ефект належить кортизолу. У крові глюкокортикоїди на 95 % зв’язуються з альфа-2-глобулінами. Цей транспортний білок одержав назву транскортин, або кортикостероїдзв’язуючий глобулін. До 5 % глюкокортикоїдів зв’язується з альбуміном.

Ефект глюкокортикоїдів визначається вільною його порцією. Метаболізуються глюкокортикоїди в печінці під впливом ферментів 5-бетаі 5-альфа-редуктази. Фізіологічні ефекти глюкокортикоїдів дуже різноманітні. Частина з них мають корисний для організму ефект, що дозволяє виживати в умовах критичних ситуацій. Частина ефектів глюкокортикоїдів є своєрідною платою за порятунок [3, 5, 19, 26, 46, 47].

Отже:

1. Глюкокортикоїди викликають підвищення вмісту в крові глюкози (тому – відповідно назва). Це підвищення відбувається за рахунок того, що гормони викликають активацію глюконеогенеза – утворення глюкози з амінокислот і жирних кислот. Цей процес відбувається в печінці за рахунок того, що глюкокортикоїди, з’єднуючись у гепатоцитах з відповідними рецепторами, попадають у ядра, де викликають активацію процесу транскрипції – підвищення рівня мРНК і рРНК, активацію синтезу білків-ферментів, що беруть участь у процесах глюконеогенеза – тирозинамінотрансферази, триптофанпірролази, серинтреоніндегідратази і т.д. Одночасно в інших органах і тканинах, зокрема, у кісткових м’язах глюкокортикоїди гальмують синтез білків для того, щоб створити депо амінокислот, необхідних для глюконеогенеза [3, 5, 26].

2. Глюкокортикоїди викликають активацію ліполіза для появи ще одного джерела енергії – жирних кислот. Отже, головний ефект глюкокортикоїдів – це мобілізація енергетичних ресурсів організму [3, 5, 26, 32].

3. Глюкокортикоїди пригнічують усі компоненти запальної реакції – зменшують проникність капілярів, гальмують ексудацію, знижують інтенсивність фагоцитозу. Ця властивість використовується в клінічній практиці – для зняття запальних реакцій, наприклад, після проведення операції на оці з приводу катаракти хворим рекомендується щодня вводити очні краплі, що містять глюкокортикоїди (кортизон, гідрокортизон) [3, 5, 26, 51, 52, 55, 56].

4. Глюкокортикоїди різко знижують продукцію лімфоцитів (Т- і В-) у лімфоїдній тканині – при масивному підвищенні рівня в крові глюкокортикоїдів спостерігається спустошення тимуса, лімфатичних вузлів, зниження в крові рівня лімфоцитів. Під впливом глюкокортикоїдів знижується продукція антитіл, зменшується активність Т-кіллерів, знижується інтенсивність імунологічного нагляду, знижується гіперчутливість і сенсибілізація організму. Все це дозволяє розглядати глюкокортикоїди як активні імунодепресанти. Це властивість глюкокортикоїдів широко використовується в клінічній практиці для зниження імунного захисту організму хазяїна і т.п. У той же час отримані дані про те, що через депресію імунологічного нагляду зростає небезпека й імовірність розвитку пухлинного процесу, тому що пухлинні клітини, що з’являються щодня, не можуть ефективно елімінуватися з організму в умовах підвищеного рівня глюкокортикоїдів [3, 5, 26].

5. Глюкокортикоїди, імовірно, підвищують чутливість гладких м’язів судин до катехоламінів, тому на тлі глюкокортикоїдів підвищується спазм судин, особливо дрібного калібру, і зростає артеріальний тиск. Це властивість глюкокортикоїдів, імовірно, лежить в основі таких явищ, як виразки шлунка і дванадцятипалої кишки, порушення мікроциркуляції в судинах міокарда і як наслідок – розвиток аритмій, порушення фізіологічного стану шкірних покривів – екземи, псоріаз. Усі ці явища спостерігаються в умовах підвищеного вмісту ендогенних глюкокортикоїдів (при стрес-реакції) або в умовах тривалого введення глюкокортикоїдів з лікувальною метою [5].

6. В низьких концентраціях глюкокортикоїди викликають підвищення діурезу – за рахунок збільшення швидкості клубочкової фільтрації і, можливо, за рахунок пригнічення викиду АДГ. Але при високих концентраціях глюкокортикоїди поводяться як альдостерон – викликають затримку натрію і води в організмі [3, 5, 26].

7. Глюкокортикоїди підвищують секрецію соляної кислоти і пепсину в шлунку, що разом із судинозвужувальним ефектом приводить до появи виразок шлунка [3, 5, 26].

8. При надлишковій кількості глюкокортикоїди викликають демінералізацію кісток, остеопороз, втрату кальцію із сечею, знижують всмоктування кальцію в кишечнику, поводяться як антагоніст вітаміну Д3. В цих же умовах внаслідок гальмування синтезу білка в скелетних м’язах спостерігається в людини м’язова слабість [3, 5, 26, 69].

9. За рахунок активації ліполіза при дії глюкокортикоїдів підвищується інтенсивність перекисного окислювання ліпідів (ПОЛ), що приводить до нагромадження в клітинах продуктів цього окислювання, які істотно порушують функцію плазматичної мембрани [3, 5, 8, 10, 26].

10. Глюкокортикоїди впливають і на діяльність ЦНС, на функцію ВНД – вони підвищують обробку інформації, поліпшують сприйняття зовнішніх сигналів, що діють на багато рецепторів – смакові, нюхові і т.п. Однак при неcтачі й особливо при надлишковому вмісті глюкокортикоїдів спостерігаються істотні зміни в стані ВНД – аж до виникнення шизофренії (при тривалому стресі) [3, 5, 8, 10].

Регуляція продукції глюкокортикоїдів здійснюється за рахунок двох гормонів – кортиколіберина й АКТГ. Кортиколіберин являє собою 41-амінокислотний пептид, що продукується нейронами аркуатного, дорсомедіального, вентромедіального ядер гіпоталамуса, але особливо його багато продукується в паравентрикулярних ядрах гіпоталамуса. Цей гормон, надходячи через портальну систему в аденогіпофіз, взаємодіє з кортиколібериновими рецепторами клітин, які продукують АКТГ (гіпофіз) і за рахунок циклу подій (активація аденілатциклази, підвищення внутрішньоклітинної концентрації цАМФ, активація протеїнкінази, фосфорилювання білка), збільшує продукцію і викид АКТГ [27].

На продукцію кортиколіберина впливають багато факторів. Її підсилюють усілякі стресори, що через кору, лімбічну систему і ядра гіпоталамуса впливають на кортиколіберинпродукуючі нейрони.

Аналогічний ефект викликають ацетилхолін, серотонін, а також імпульси, що йдуть з центра добової біоритміки – супрахіазматичного ядра гіпоталамуса [3, 5, 8, 10, 27].

Гальмування продукції кортиколіберина відбувається під впливом ГАМК (гамма-аміномасляна кислота, компонент стреслімітуючої системи), норадреналіна, мелатоніна (гормон епіфіза) і за рахунок самих глюкокортикоїдів: коли їхня концентрація в крові зростає, то по механізму негативного зворотного зв'язку відбувається гальмування продукції кортиколіберина АКТГ продукується в аденогіпофізі. Являє собою 39-амінокислотний пептид, що синтезується з попередника проопіомеланокортіна. Досягаючи клітин пучкової зони кори наднирників АКТГ взаємодіє зі специфічними рецепторами, розташованими на цих клітинах, активує аденілатциклазу, збільшує внутрішньоклітинну концентрацію цАМФ, підвищує активність протеїнкінази, в результаті чого зростає ряд процесів:

а) АКТГ прискорює надходження вільного холестерину з плазми в клітини наднирників, підсилює синтез холестерину, активує внутрішньоклітинний гідроліз ефіру холестерину, в остаточному підсумку істотно підвищує внутрішньоклітинну концентрацію холестерину;

б) підсилює активність ферменту, що переносить холестерин у мітохондрії, де здійснюється перетворення холестерину в прегненолон;

в) підсилює швидкість утворення прегненолона в мітохондріях з холестерину, що туди надходить;

г) за рахунок підвищення синтезу білка (цАМФ – залежна активація) наростає маса наднирників, що підвищує можливості органа як продуцента глюкокортикоїдів;

д) одночасно АКТГ за рахунок взаємодії з рецепторами жирової тканини викликає посилення ліполіза (побічний ефект АКТГ);

е) за рахунок здатності АКТГ активувати перехід тирозину в меланін під впливом АКТГ відбувається посилення пігментації. Для продукції АКТГ характерна ритмічність, що визначається ритмічністю виділення кортиколіберина; максимальна секреція ліберина, АКТГ і глюкокортикоїдів спостерігається ранком у 6-8 годин, а мінімальна – між 18 і 23 годинами. Гальмування продукції АКТГ відбувається під впливом самих глюкокортикоїдів – кортизола й інших. У тих випадках, коли наднирники уражені (наприклад, туберкульозний процес), то через низький зміст глюкокортикоїдів гіпофіз постійно продукує у підвищених кількостях АКТГ, що викликає ряд ефектів, у тому числі пігментацію (бронзова хвороба). Така докладна інформація про глюкокортикоїди, кортиколіберин, АКТГ обумовлена важливістю цієї системи в процесах життєдіяльності організму, у тому числі в процесах адаптації організму до дії несприятливих факторів середовища, що одержали назву стрес-реакції [3, 5, 8, 10, 51, 55, 56, 59, 60, 61].

Вивчення проблеми стресу є однією з важливих задач теоретичної медицини, лікування і профілактика стресових станів. Багато дослідників рекомендують наступні заходи:

1) терапевтичне навчання пацієнта – роз’яснення природи стресу, з’ясування причин, що лежать в основі стресового стану пацієнта;

2) раціональне харчування, що виключає з їжі в період стресового стану активатори ЦНС, в тому числі метилксантини, наприклад, кофеїн. Так, у звареній каві його зміст дуже високий – 110-100 мг на 170-грамову порцію, а в завареному чаї – 50-100 мг на 1 порцію (170 г).

Таким чином, не рекомендується в умовах підвищеного впливу стресорів вживати ці напої. Важливо також регулярне харчування: показано, що нерегулярність прийому сніданку – одна із самих істотних причин підвищення реакції організму на дію стресора;

3) фармакологічні методи – в тому числі використання седативних речовин;

4) різні способи релаксації – психологічна релаксація, м’язева релаксація, дихальна гімнастика;

5) фізичні навантаження: біг підтюпцем, ходьба й інші види фізичної активності, що виконуються в аеробному режимі, в умовах відсутності конкуренції (без режиму змагань). В середньому в тиждень рекомендується 3-4-кратні заняття по 15-40 хвилин кожне.

6) психотерапія, гіпноз. Адаптація до стресорів. Організм здатний адаптуватися до дії стресорів. При цьому зростає потужність стрес-реалізуючих і стреслімітуючих систем, одночасно підвищується стійкість організму до іонізуючої радіації, гіпоксії, хімічних факторів що ушкоджують клітину, – виникає позитивна перехресна адаптація. У той же час гальмується функція статевих залоз як результат блокади продукції тестостерону (негативна перехресна адаптація) [3, 59, 60, 61, 63, 65].

**1.4. Втома надниркових залоз**

Наднирники працюють і в день і вночі, щоб підтримувати баланс в організмі. Кортизол вивільняється протягом дня стрибками та закономірно, що залежить від прийому їжі та активності, а також денного світла та темряви (у циркадному ритмі). У різний час дня виділяється різна кількість кортизолу [51, 52, 53].

Вранці спостерігається активація виділення кортизолу – найбільшої кількості за день. Це сигнал організму – встати, з’їсти щось і почати день. Кортизол починає падати після того, якщо людина їсть вранці та вдень, і, нарешті, досягає найнижчої точки ввечері, коли подається сигнал –заспокоїтися та лягти спати. Нормальний ритм кортизолу порушується під час більшого впливу стресу. Симпатична нервова система перекриває нормальний патерн і стимулює вивільнення більшої кількості кортизолу [6, 17, 18]. Стрес може включати будь-що, наприклад:

🡺 емоційний або розумовий стрес,

🡺 хвороба – гостра або хронічна,

🡺 екологічний стрес – токсини, хімікати тощо,

🡺 їжа – особливо оброблена їжа, цукор, кофеїн,

🡺 виконання вправ високої інтенсивності, сили та ін.

Під час стресу наднирковим залозам доводиться працювати більше, щоб повернути тіло в рівновагу. Ця здатність реагувати на зовнішнє середовище має вирішальне значення для виживання. Деякий «стрес» для організму є корисним. Це означає, що людина може реагувати, адаптуватися та дозволяє їй розвивати тіло та ставати сильнішою [4, 6, 67].

Отже, що відбувається в організмі людини, коли виділяється більше кортизолу? По-перше, відбувається різке підвищення рівня глюкози (цукру в крові), жирних кислот і амінокислот. Це пов’язане із тим, що тіло готується діяти і реагувати на цей стрес. Необхідно переконатися, що є достатньо енергії для живлення активних клітин і м’язів. Глюкоза є основним паливом для мозку, тому організм зберігає глюкозу, виробляючи її з білків і жирів. У результаті використання більшої кількості палива, кров’яний тиск підвищується, а вени звужуються, щоб забезпечити швидке транспортування поживних речовин по всьому тілу. Цей процес є адаптивним механізмом, який допомагає підтримувати рівновагу під час впливу більшої кількості стресу. Іншими словами... Коли стрес зростає і тіло виробляє більше кортизолу, людина може відчути прискорене серцебиття, пульсацію адреналіну у тілі, підвищену пильність і готовність до роботи [32]

Якщо стрес екстремальний або відчувається протягом тривалого періоду часу, саме тоді людина починає спостерігати такі проблеми, як пригнічення імунітету, посилення запалення та недостатність надниркових залоз [4, 6].

**1.5. Надниркова недостатність**

Хоча термін «втома надниркових залоз» часто використовується як взаємозамінний з недостатністю надниркових залоз, насправді це дві різні речі. Втома надниркових залоз означає стан, коли надниркові залози досягли стану виснаження. У більшості випадків проблема пов’язана лише з недостатністю, тобто вони не працюють на оптимальну потужність [4, 6, 9, 17, 18].

Розрізняють 4 основні стадії надниркової недостатності:

Етап 1. «Фаза тривоги»

Ця стадія відноситься до негайної реакції надниркових залоз на стрес. Як зазначалося раніше, коли надниркові залози піддаються стресу, вони виділяють більше кортизолу, що призводить до ланцюжка подій, які дозволяють організму адаптуватися та впоратися з ситуацією. Це дещо короткочасний сполох кортизолу, адреналіну та норадреналіну, інсуліну та DHEA. Початкову реакцію можна відчути як підвищення адреналіну, включаючи прискорене серцебиття, а також підвищення концентрації та пильності.

Більшість людей не помічають жодних серйозних симптомів, окрім іноді деякої втоми після падіння стрибка кортизолу/адреналіну. Люди входятьо та виходять з цієї фази іноді щодня [4, 6].

Етап 2. Фаза «Будильник при повторному відкладенні».

Наднирники реагують на стрес, але стрес, здається, є постійним. У цей час наднирники продовжують виробляти кортизол та інші гормони, однак деякі з попередників утворення ДГЕА та інших статевих гормонів починають спрямовуватися на більше виробництва кортизолу, щоб не відставати. На цій фазі кортизол все ще високий, але статеві гормони можуть почати падати. Також рівень кортизолу утримується підвищеним протягом більш тривалого періоду часу, ніж у початковій фазі тривоги [4, 6].

Симптоми включають:

✓ початкові стадії втоми,

✓ підключений, але втомлений – попередження протягом дня, але потім збій у другій половині дня або ввечері,

✓ збільшення ваги – особливо навколо тулуба або талії,

✓ інсулінорезистентність.

На цьому етапі люди починають шукати або покладатися на такі стимулятори, як кава чи цукор, щоб підбадьоритися.

Етап 3. Фаза «Я не хочу вставати з ліжка».

У цій фазі надниркові залози активно працюють і працюють наполегливо вже деякий час. Кортизол все ще виробляється, але не без жертв. Рівні статевих гормонів: DHEA, тестостерону, естрогену та прогестерону значно знижуються на цій фазі. Зокрема, гормон під назвою прегненалон, який є прабатьком гормонів, оскільки він є попередником ДГЕА, естрогену, тестостерону та кортизолу, починає зміщуватись у бік утворення кортизолу, а не статевих гормонів. Загальний рівень кортизолу може почати падати, оскільки організм не може встигати за швидкістю, з якою він використовує кортизол, або відбувається перекид рівня кортизолу. Це означає, що рівень кортизолу може бути нижчим вранці, коли він повинен бути високим, щоб стимулювати пробудження, і вищим вночі, коли він повинен бути найнижчим [4, 6].

Симптоматично це виглядає так:

* втома вранці, важко встати з ліжка і почати свій день, або не відчувати себе відпочилим вранці,
* втома, яка зберігається протягом дня, хоча можна пережити це… іноді не без сну,
* аварії вдень або ввечері,
* важко заснути або спати ввечері, хоча є виснаження,
* низьке лібідо (або статевий потяг), падіння м’язової маси або порушення менструального циклу у жінок,
* відсутність ентузіазму,
* постійні або повторювані інфекції чи застуда, тому що наднирники відіграють важливу роль у регуляції імунітету.

Етап 4. Фаза «Я не можу встати з ліжка».

Фаза вигорання або втома надниркових залоз. На цьому етапі вже не вибір, вставати з ліжка чи ні… , по суті, людина цього зробити вже не може.

На цьому етапі спостерігається низький рівень кортизолу, ДГЕА та статевих гормонів, а також багатьох нейромедіаторів. Організм просто не встигає за хронічним впливом стресу [4, 6, 17, 18].

Симптоми включають:

⮚ надзвичайна виснажливу втому – часто не можливо втриматися на роботі, і спортивні результати значно погіршуються,

⮚ дратівливість, депресія, тривожність, апатія,

⮚ втрата ваги,

⮚ низьке лібідо,

⮚ збільшення інфекцій, хвороб і важче лікування від них,

⮚ туман мозку, проблеми з пам’яттю.

Окрім симптомів, простий спосіб дізнатися про загальний стан надниркових залоз та їх функціонування – це зробити тест слини, який потребує 4 зразків протягом дня, щоб відстежити зростання та зниження рівня кортизолу та ДГЕА. Це чудовий спосіб дізнатися, на якому етапі людина перебуваєте, і як правильно лікувати.

Отже, що все це означає для спортсменів:

Відомо, що фізичні вправи корисні для всіх. Це дозволяє спалювати калорії, підтримувати здорову вагу, потіти та детоксикувати, покращувати кровообіг і серцево-судинну систему, підвищувати настрій і багато іншого. Але спортсмени високої інтенсивності постійно підштовхують своє тіло до подолання нових викликів. Це робить їх сильнішими, здібнішими та могутнішими, але також накладає відбиток на надниркові залози. Фізичні вправи, особливо високої інтенсивності, можуть стати стресом для організму. Це означає, що під час високоінтенсивних тренувань наднирники наполегливо працюють, щоб викачати достатньо кортизолу для виконання роботи. Згадуючи стадії надниркової недостатності, спортсмени досить швидко проходять стадії 1 і 2; іноді навіть стадію 3. Якщо недостатньо часу для відновлення або спортсмен організм не поповнюється тим, що йому потрібно, щоб виробляти більше цих гормонів надниркових залоз, тоді буде розвиватись , надниркових залоз.

Так може виникнути перетренованість. Перетренованість найкраще можна визначити як стан, коли спортсмен неодноразово відчував стрес під час тренувань до такого рівня, що відпочинок більше не є достатнім для відновлення. Саме в періоди відпочинку організм по-справжньому зміцнюється. Це адаптація до максимального навантаження на серцево-судинну та м’язову систему, що відбувається під час відпочинку та призводить до підвищення працездатності. Отже, недостатній відпочинок і підтримка тіла та надниркових залоз призводить до хронічної втоми, низького лібідо та гормонів, а також зниження працездатності, що може тривати від кількох тижнів до місяців. Тому для спортсменів, які займаються кросфітом, високопродуктивних спортсменів, професійних спортсменів або просто для тих, хто тренується багато або з високою інтенсивністю, варто переконатися, що здійснюється підтримка надниркових залоз [4, 6, 9, 11, 17].

Ось деякі приклади того, що може відбутися з наднирниками при надмірному фізичному навантаженні:

1. При фізичному навантаженні виникає функціональний стрес.

2. Збільшення вироблення кортизолу. Під час великого фізичного навантаження може збільшуватися вироблення гормону кортизолу, який виробляється наднирниками. Це може бути частиною нормальної реакції на фізичний стрес, але надмірна продукція кортизолу може викликати деякі негативні ефекти на організм.

3. Зменшення резервів енергії. Інтенсивне тренування може виснажити глікогенові запаси в організмі. Під час реакції на стрес наднирники виробляють кортизол, який сприяє розщепленню глікогену на глюкозу для додаткового джерела енергії.

4. Вплив на гормональний баланс. Екстремальне фізичне навантаження може впливати на гормональний баланс, включаючи адреналін, норадреналін та інші гормони, які виробляються наднирниками. В окремих випадках, зокрема при перенавантаженні або недостатньому відновленні, може виникати гормональний дисбаланс, що може впливати на функцію наднирників.

5. Ниркове виведення електролітів. Значна фізична активність може вести до пітливості та втрати електролітів, що може впливати на нирки та наднирники.

6. Адаптація до тренувань. Деякі дослідження показують, що спортсмени можуть розвивати адаптацію наднирників до фізичного навантаження, що проявляється в менших коливаннях рівня гормонів при тренуваннях.

7. Тривалість та інтенсивність тренувань. Інтенсивні та тривалі тренування можуть впливати на баланс гормонів наднирників. Велика кількість інтенсивних тренувань може викликати збільшення рівня кортизолу [3, 4, 6].

Важливо наголосити, що реакція на фізичний стрес є індивідуальною, і багато людей здатні адаптуватися до значного фізичного навантаження без негативних наслідків для наднирників.

1. Тепло:

- Вплив. Підвищена температура може викликати стрес для організму, а наднирники реагують на стрес, виділяючи гормон кортизол.

- Механізм. При підвищенні температури організм може сприймати це як стресор, що активує вироблення кортизолу для забезпечення додаткового енергетичного резерву.

2. Холод:

- Вплив. Екстремальний холод може також викликати стресорну реакцію та впливати на наднирники.

- Механізм. Організм реагує на холод шляхом виділення адреналіну та кортизолу, щоб підтримати тепловий баланс та підвищити рівень енергії.

3. Удари:

- Вплив. Фізичні травми або удари можуть викликати стресову відповідь та впливати на наднирники.

- Механізм. В умовах травми наднирники виробляють гормони стресу, такі як кортизол та адреналін, для забезпечення необхідної реакції на стрес.

4. Тривале перебування у воді:

- Вплив. Тривале перебування у воді може викликати нервовий та фізичний стрес, що впливає на наднирники.

- Механізм. Вироблення адреналіну та кортизолу може бути активоване як відповідь на стрес, пов’язаний із змінами середовища або тривалим перебуванням у воді.

Важливо враховувати, що організм реагує на зовнішні фактори і стрес, виробляючи різні гормони, включаючи ті, які виробляються наднирниками. Однак реакція може бути індивідуальною, і під деякими умовами вона може бути корисною, а під іншими – негативною.

Відновлення та наднирники. Адекватний час для відновлення після тренувань є важливим для запобігання перенавантаження наднирників та забезпечення їх правильної функції [4, 6, 12].

Існує певна інформація та дослідження, які вивчали вплив різних видів спорту на стан наднирників у спортсменів. Важливо враховувати, що реакція організму може варіювати в залежності від індивідуальних характеристик, тренувальних програм та інших факторів. Ось кілька загальних висновків.

1. Ендуранс-спорт:

✓ У спортсменів, які займаються ендуранс-спортом (наприклад, біг, велоспорт, плавання на великі дистанції), спостерігається підвищена активація наднирників через тривалу та інтенсивну фізичну активність. Гормональна відповідь може включати збільшення кортизолу.

2. Силові види спорту:

✓ В спортсменів, які займаються силовими видами (наприклад, важка атлетика, бодібілдінг), може відзначатися підвищення рівнів тестостерону під час тренувань. Однак важливо розрізняти природний збільшений рівень тестостерону, зумовлений самим видом спорту, від вживання допінгу.

3. Командні види спорту:

✓ У спортсменів, що займаються командними видами спорту (футбол, баскетбол), може спостерігатися реакція наднирників на стресові ситуації під час змагань та тренувань, зокрема збільшення вироблення адреналіну.

4. Індивідуальні відмінності:

✓ Індивідуальні особливості та рівень тренувань можуть впливати на гормональні відповіді. Наприклад, високий рівень тривалості тренувань або низький рівень відновлення можуть впливати на баланс гормонів [13].

Деякі цікаві дослідження про наднирники надають важливі відомості про їхню функцію, реакції на стрес та вплив різних факторів на їхню роботу. Наприклад:

Yiallouris Andreas et al. (2024) в свої наукових роботах обговорюють фізіологічні та анатомічні зміни надниркової залози з віком і загальний вплив цього на те, як орган реагує на стрес. Фізіологічні зміни призводять до зниження секреції адренокортикоїдного гормону, однак рівень кортизолу залишається незмінним, що призводить до руйнівної реакції на стрес. Крім того, відбувається втрата зональності органу. Обидві характеристики в поєднанні з хронічним стресом впливають на загальний стан здоров’я. Складна взаємодія між старінням надниркових залоз і реакцією на стрес ще більше ускладнюється впливом, який вони виділяють на інші системи, такі як гормони щитовидної залози. Організм зазнає вікових змін, змінюючи швидкість клітинного росту, диференціювання, старіння та вироблення гормонів. Враховуючи множинність і складність гормонів, необхідно враховувати їхнє виробництво, щоб розробити відповідні втручання для пом’якшення його впливу на захворювання, пов’язані з віком [72, 73].

Гормональна теорія, визначена стресовою теорією старіння, стверджує, що тривалий стрес і стресові ситуації пошкоджують клітини та порушують нормальну функцію клітин, що призводить до системної дисфункції та старіння (Maldonado, Morales-Pison, Urbina, & Solari, 2023). Поширеність пов’язаних зі стресом захворювань і станів, таких як резистентність до інсуліну, тривожні розлади, депресія, гіпертонія, ішемічна хвороба серця та цереброваскулярні захворювання, значно зростає протягом життя. Гетерогенність процесу старіння також може сприяти індивідуальним відмінностям у сприйнятливості та стійкості до стресу та захворювань, пов’язаних зі стресом (Maldonado et al., 2023). Основними сигнальними шляхами, пов’язаними зі стресом, є мережі інсуліну/IGF, TOR і сіртуїну. Варіації в якості дієти або кількості стресових факторів впливають на ці сигнальні шляхи, тим самим змінюючи функцію мітохондрій і метаболічну активність через протеостаз геному та схеми підтримки. Під час раннього розвитку розвивається мережева інтеграція та активність системи реагування на стрес і схеми обслуговування, які призначені для підвищення витривалості (Hughes, Ellefsen, & Baar, 2018). Нездатність реагувати на стрес пов’язують із віком і віковими розладами, а подальші дослідження підтверджують, що це зниження можна повернути назад (Childs, Durik, Baker, & Van Deursen, 2015). Натомість виявляється, що підвищення стресостійкості за допомогою збережених сигнальних шляхів може збільшити тривалість життя та затримати процес старіння (Haigis & Yankner, 2010) [22, 25, 34, 49, 50, 64, 71].

У 2001 році було проведено дослідження на тему: "Adrenal Gland Function in Aging: Effects on Adrenal Hormone Metabolism", яке також вивчало

старіння на функцію наднирників та метаболізм гормонів. Результати вказали на зміни в продукції гормонів наднирників з віком та їх вплив на загальний стан організму.

Нормальне старіння призводить до незначних змін як у секреції АКТГ, так і в секреції кортизолу. Найбільш помітним є загальне підвищення середньодобового рівня кортизолу в сироватці крові у людей похилого віку без помітних змін у нормальному циркадному ритмі. Надлишок глюкокортикоїдів, який спостерігається у людей похилого віку, може мати серйозні наслідки як для структурної, так і для функціональної цілісності різних ключових областей мозку, включаючи гіпокамп, мигдалеподібне тіло, префронтальну кору, з подальшим порушенням нормальної пам’яті, когнітивних функцій і циклів сну. Хронічно підвищений рівень глюкокортикоїдів також впливає на нормальну відповідь на стрес у людей похилого віку, що призводить до погіршення здатності відновлюватися після стресових подразників. На додаток до впливу на мозок, надлишок глюкокортикоїдів пов’язаний з іншими віковими змінами, включаючи втрату м’язової маси, гіпертонію, остеопенію, вісцеральне ожиріння та діабет тощо. На відміну від підвищення рівня глюкокортикоїдів, інші гормони кори надниркових залоз, зокрема сироватковий альдостерон і ДГЕА (попередник андрогенів і естрогенів), демонструють значне зниження у літніх людей. Основні механізми їх зниження залишаються неясними. У той час як адреномедулярний гормон, норадреналін, демонструє підвищення рівня адреналіну в плазмі, пов’язане зі зниженням кліренсу, помітних змін рівнів адреналіну в плазмі у людей похилого віку не спостерігається. Множинність і складність гормональних змін надниркових залоз, що спостерігаються протягом нормального процесу старіння, свідчить про те, що необхідно також враховувати пов’язані з віком зміни клітинного росту, диференціації та старіння, характерні для надниркових залоз [23, 66, 72, 73].

Науковий пошук Segerstrom Suzanne C., Miller Gregory E. (2004) показав взаємодію стресу та імунної системи, включаючи реакцію наднирників на психологічний стрес. Виявлено, що стрес може впливати на функцію наднирників, збільшуючи вироблення гормонів, таких як кортизол, що може мати наслідки для імунітету [57].

Дослідження "The Role of Adrenal Glands in Stress Adaptation of Rats from Different Parental Lines Selected for Behavior" (2013) показало вплив стресу на різні лінії щурів, виявило, що реакція наднирників на стрес може варіюватися в залежності від генетичних чинників, що свідчить про індивідуальні відмінності у стресовій адаптації.

Tseilikman Vadim et al. (2021) провели подібне дослідження на щурах, які зазнали хронічного запаху хижака, та імітували фенотип комплексного посттравматичного стресового розладу (ПТСР) у людей, включаючи змінену морфологію та функцію надниркових залоз. Фенотипи високої та низької тривоги були описані у щурів, які зазнали впливу запаху хижака (PSS). Це дослідження мало на меті визначити, чи корелюють ці фенотипи високої та низької тривожності зі змінами в гістоморфології надниркових залоз і виробленні кортикостероїдів. Методи: щурів піддавали дії PSS протягом десяти днів. Через тридцять днів індекс тривоги (AI) щурів оцінювали за допомогою тесту підвищеного плюс-лабіринту. Грунтуючись на відмінностях у AI, щури були розділені на низький (AI ≤ 0,8, n = 9) і високий (AI > 0,8, n = 10) фенотипи тривоги. Концентрації кортикостерону в плазмі (CORT) вимірювали методом ELISA. Adrenal CORT, desoxyCORT і 11-dehydroCORT вимірювали за допомогою високоефективної рідинної хроматографії. Після фарбування гематоксиліном та еозином гістоморфометричні зміни надниркових залоз оцінювали шляхом вимірювання товщини функціональних зон кори надниркових залоз. Результати: Зниження концентрації CORT у плазмі, а також зниження концентрації CORT надниркових залоз, дезоксиCORT і 11-dehydroCORT спостерігалося у фенотипах з високим, але не у фенотипах з низьким рівнем тривоги. Ці зниження були пов’язані зі збільшенням ШІ. PSS призвело до значного зменшення товщини zona fasciculata і збільшення товщини zona intermedia. Збільшення товщини проміжної зони було більш вираженим у щурів з низькою тривожністю, ніж у щурів з високою тривожністю. Зменшення товщини капсули надниркових залоз спостерігали лише у малотривожних щурів. Діаметр ядра клітин у зоні fasciculata щурів з високим рівнем тривоги був значно меншим, ніж у контрольних щурів або щурів з низьким рівнем тривожності. Висновок: асоційовані з фенотипом зміни функції надниркових залоз і гістоморфології спостерігалися на щурячій моделі складного посттравматичного стресового розладу [19, 66].

Дослідження Hannibal Kara E. and Bishop Mark D. (2014) зосереджувалося на зв’язку між хронічним стресом, дисфункцією кортизолу (гормону, який виробляється наднирниками) та відчуттям болю. Вказує на важливість стрес-менеджменту для покращення функції наднирників та зменшення болю.

Біль є основним симптомом, який змушує пацієнтів звертатися за фізіотерапією, і його ослаблення зазвичай визначає успішний результат. Велика кількість доказів присвячена з’ясуванню зв’язку між хронічним стресом і болем; проте стрес рідко розглядається під час реабілітації від болю. Фізіологічна реакція на стрес може бути викликана страхом або уявною загрозою безпеці, статусу чи благополуччю та викликає секрецію симпатичних катехоламінів (адреналіну та норадреналіну) та нейроендокринних гормонів (кортизолу), щоб сприяти виживанню та мотивувати успіх. Кортизол є потужним протизапальним засобом, який мобілізує запаси глюкози для отримання енергії та модулює запалення. Кортизол також може сприяти консолідації заснованих на страху спогадів для майбутнього виживання та уникнення небезпеки. Хоча короткочасний стрес може бути адаптивним, дезадаптивні реакції (наприклад, збільшення, роздумування, безпорадність) на біль або стресори, не пов’язані з болем, можуть посилити секрецію кортизолу та спричинити сенсибілізовану фізіологічну стресову реакцію, яка легко рекрутується. Зрештою, тривала або перебільшена реакція на стрес може увічнити дисфункцію кортизолу, поширене запалення та біль. Стрес може бути неминучим у житті, а виклики невід’ємні для успіху; однак люди мають здатність змінювати те, що вони сприймають як стрес, і те, як вони на це реагують. Перебільшені психологічні реакції (наприклад, катастрофічні) після дезадаптивної когнітивної оцінки потенційних стресорів як загрозливих можуть посилити секрецію кортизолу та полегшити консолідацію заснованих на страху спогадів про біль або стресори, не пов’язані з болем; однак подолання, когнітивна переоцінка або конфронтація зі стресовими факторами можуть мінімізувати секрецію кортизолу та запобігти хронічному рецидивуючому болю. Враховуючи паралельні механізми, що лежать в основі фізіологічних ефектів дезадаптивної відповіді на біль і стресори, не пов’язані з болем, фізіотерапевти повинні розглянути можливість скринінгу стресу, не пов’язаного з болем, щоб полегшити лікування, запобігти хронічній інвалідності та покращити якість життя [29].

У дослідженні Nair Betina B. et al. (2021) досліджували гіпоталамічні, гіпофізарні та ендокринні реакції на 14-денний хронічний змінний стрес (CVS) у самців і самок мишей C57BL/6J. В обох статей CVS індукував значне зниження маси тіла та посилював гостру кортикостеронову стресову реакцію, що супроводжувалося зменшенням маси тимуса лише у самок. Однак одноточкові вимірювання базального рівня пролактину, тиреотропного гормону, лютеїнізуючого гормону, гормону росту та кортикостерону в крові, зроблені наприкінці CVS, не відрізнялися від контрольних. Подібним чином експресія гіпофізарної мРНК Fshb, Lhb, Prl і Gh не змінювалася CVS, хоча Pomc і Tsh були значно підвищені. У мозковій речовині надниркових залоз мРНК для Th, Vip і Gal були підвищені після CVS. Рівні транскриптів Avp у паравентрикулярному ядрі гіпоталамуса підвищувалися за допомогою CVS; однак рівні Gnrh1, Crh, Oxt, Sst, Trh, Ghrh, Th і Kiss1 залишилися незмінними. Цикли точки були дещо подовжені за допомогою CVS, а гістологія яєчників виявила зменшення кількості преовуляторних фолікулів і жовтих тіл. У сукупності ці спостереження вказують на те, що 14-денна CVS індукує регуляцію нервово-ендокринної системи стресу та викликає легке порушення жіночої репродуктивної функції. Однак відсутність змін в інших нейроендокринних осях, які контролюють секрецію передньої та задньої часток гіпофіза, свідчить про те, що більшість нейроендокринних осей є відносно стійкими до CVS.

Отже, дане ослідження на мишах показало вплив хронічного фізичного стресу на регуляцію осі гіпоталамус-гіпофіз-наднирники та ліполізу в жирових клітинах. Результати свідчать про комплексні зміни в системі стресу та ендокринної системі [27, 42].

Ці дослідження надають важливі відомості про роль наднирників у стресових ситуаціях, фактори, які можуть впливати на їхню функцію, та можливі наслідки для здоров’я.

Дослідження про наднирники є різноманітними, але ось декілька цікавих та значущих за певний період часу:

Наприклад: 1) "The Human Adrenal Cortex: A Comprehensive Review of the Anatomy, Physiology, and Pathology" (2016) – це ретельне вивчення анатомії, фізіології та патології наднирників у людей;

2) "Cushing's Syndrome: An Epidemiological Study Based on a US Health Claims Database" (2021): дослідження епідеміології синдрому Кушинга, що аналізує дані з американської бази даних з охорони здоров’я. Надає інформацію про поширеність цього розладу та його асоціації з іншими захворюваннями;

3) "The Influence of Stress Systems and Physical Activity on Different Dimensions of Fatigue in Female Fibromyalgia Patients" (2020): дослідження про вплив стресових систем і фізичної активності на різні аспекти втоми у жінок з фіброміалгією;

4) "Adrenal Gland Microenvironment and Its Involvement in the Regulation of Stress-Induced Hormone Secretion during Chronic Alcohol Intake" (2018): дослідження мікросередовища наднирників та його вплив на вироблення гормонів під час хронічного вживання алкоголю, звертає увагу на роль алкоголю у стресі та функції наднирників;

5) "Metabolic Reprogramming in the Adrenal Gland during Aging and Organ Failure" (2020): наукове дослідження, що стосується метаболічного перепрограмування в наднирниках під час старіння та органічних порушень, розглядає зміни в метаболізмі, які відбуваються в цих органах [54].

Ці дослідження надають важливі відомості про фізіологію та патологію наднирників у різних контекстах.

**Висновки до розділу 1**

Наднирковв залози – надзвичайно важливі органи для забезпечення адаптаційних реакцій організму в різних умовах, зокрема, - стресових умовах. Стрес викликають фізичні навантаження, професійні заняття спортом, фізичні перевантаження. Надниркові залози за таких умов працюють в підвищеному режимі, що може призвести до втоми наднирників та до ниркової недостатності. Спортсмени мають бути в курсі цих процесів.

Величина фізичного навантаження грає важливу роль у здоров’ї наднирників. У більшості випадків, регулярне та помірне фізичне навантаження корисне для загального здоров’я і може навіть допомогти зменшити стрес та покращити емоційний стан.

Однак надто велика або надто тривала фізична активність може призвести до певного рівня стресу для організму, включаючи наднирники. Здебільшого це стосується екстремальних видів тренувань або перевантаження без достатнього відновлення.

Важливо слухати свій організм, дотримуватися збалансованого режиму фізичної активності та відпочинку.

Надмірне фізичне навантаження може впливати на наднирники через кілька механізмів, зокрема через стрес на організм.

**РОЗДІЛ 2 БІОХІМІЧНІ МЕХАНІЗМИ АДАПТАЦІЇ НАДНИРКОВИХ ЗАЛОЗ ДО ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

**2.1. Функції катехоламінів у формуванні адаптації до фізичних навантажень**

Інтенсивна фізична активність – стресор для наднирників, тому дуже важливо регулювати рівень і тривалість навантажень під час вправ [6].

Ефект від фізичних вправ реалізується головним чином через удосконалення в організмі механізмів адаптації.

Термінова адаптація до фізичного навантаження характеризується мобілізацією функціональної системи відносно недостатньо ефективно і раціонально: активація різних систем носить інтенсивний, часто надлишковий характер і супроводжується яскраво вираженою стрес-реакцією, зокрема різкою активацією симпато-адреналової системи [8].

Головні результати стрес-реакції – це:

1. Мобілізація енергетичних ресурсів організму і їх перерозподіл.

2. Активація симпато-адреналової системи.

3. Формування структурної основи довготривалої адаптації.

Провідна роль в реалізації цих ефектів належить катехоламінам симпатоадреналової системи (САС) і кортикостероїдам гіпоталамоадренокортикотропної системи (ГАКС) [8, 27].

Наступна, перехідна, стадія довготривалої адаптації до фізичних навантажень визначається тим, що виникаюча в процесі тренування активація синтезу нуклеїнових кислот і білків, викликана гормональними та іншими чинниками, веде до вибіркового росту певних структур в клітинах і таким чином розширює ланки, які лімітують інтенсивність і тривалість рухової реакції на етапі термінової адаптації. В результаті, керівництво діяльністю функції системи починає економитися, не дивлячись на більш інтенсивну рухову реакцію. Таким чином, формується слід, який виражається в: підвищенні потужності мітохондрій, гліколізу, синтезу глікогену, активації механізмів метаболізму аміаку в скелетних м’язах, міокарді і печінці, що супроводжується лактатацидемією, дефіцитом глікогену, креатинфосфату, що виникає втому і порушення гомеостазу. Зменшується стрес-реакція: відбувається звільнення катехоламінів (КА), кортикостероїдів, зменшується ферментемія, розпад білків, та ін. [8, 70].

Третя стадія процесу – стадія стійкої адаптації, яка характеризується завершенням формування системного структурного сліду. Перш за все вона характеризується формуванням умовнорефлекторного динамічного стереотипу і збільшенням фонду рухових навичок. Важливим є збільшення потужності основної симпато-адреналової системи. Спостерігається підвищення потужності апарату синтезу КА. Ці зміни супроводжуються зменшенням необхідних "витрат" КА при забезпеченні м’язової роботи і передбачають меншу активацію адренергічної системи в тренованому.

Четверта стадія процесу – стадія виснаження системи, яка відповідальна за адаптацію, але не є обов’язковою, оскільки стійка адаптація до фізичного навантаження може зберігатися впродовж багатьох років [8].

**3.2. Організація симпато-адреналової системи і регуляція її діяльності**

Різні фізичні і функціональні напруження, пов’язані з емоційним збудженням (м’язова діяльність, охолодження, почуття люті, страху та .ін.), ведуть до підвищення в крові вмісту адреналіну (А), який забезпечує найбільш ефективне врівноваження організму до змінених умов існування і здійснення пов’язаного з цим підвищення чи пониження функціональної активності. Адреналін є гмоном тривоги, він сигналізує робочим органам про необхідність зміни їх діяльності і впливає на біохімічні процеси в клітинах. Адренергічні впливи торкаються всіх функціональних систем – центральної нервової системи, систем дихання, кровообігу, виділення, травлення, сенсорних і м’язової систем. Катехоламіни виконують і гормональну (А), і медіаторну (норадреналін – НА): посилюють збудливість центральної нервової системи, беруть участь у організації емоційних реакцій, підвищують споживання кисню скелетними м’язами і міокардом, стимулюють синтез найважливішого вторинного медіатора – цАМФ, розщеплення глікогену і жирів, викликають підвищення рівня цукру і жирних кислот в крові, сприяючи їх окисленню, швидко і інтенсивно прискорюють метаболічні процеси, контролюючи функціональний стан мітохондрій, посилюють роботу серця і, викликаючи перерозподіл крові, забезпечують краще постачання джерелами енергії, збільшують працездатність м’язів і міокарду [8, 70].

Наднирники інервуються прегангліонарними волокнами. В САС розрізняють виконавчу і регуляторну ланки. Перша – це наднирники, гангліонарні клітини, їх волокна і нервові закінчення і клітинні рецептори. Таким чином, сюди входять структури, де відбувається синтез, депонування, секреція і обмін А і НА, а також взаємодія їх з периферійними рецепторами. Друга – це гіпоталамус і мезенцифалічна ретикулярна формація, які регулюють діяльність САС [16, 27].

Встановлено, що заново синтезований медіатор володіє найбільшою фізіологічною активністю. За даними досліджень датських вчених в умовах гіпоксії тренований організм має ширші можливості секретувати А, ніж нетренований. Щодо НА, то його коливання в даних умовах несуттєві і відсутня достовірна різниця між тренованим та нетренованим організмом. Реакція САС на тренувальне навантаження різного характеру і спрямованості, залежність її від ємності і потужності навантажень, а також від тренованості організму Підвищення концентрації КА, їх попередників і метаболітів в крові і тканинах, а також посилення екскреції їх з сечею описані численними авторами при найрізноманітніших фізичних навантаженнях. Обмін КА при м’язовій діяльності посилюється. Однак, ступінь підвищення концентрації А і НА може бути неоднаковою і залежить перш за все від характеру м’язової роботи і умов її виконання.

Деякі автори стверджуються в думці, що фізичне навантаження супроводжується переважальним зростанням вмісту в крові НА. Інша група вчених засвідчує активацію адреналової (гормональної) ланки САС поряд з медіаторною. В першу чергу слід вказати на залежність адренергічної реакції від потужності роботи. Робота не перебуває в лінійній залежності від потужності, а ця залежність є параболічною [8, 16, 28].

За деякими даними при виконанні однакових за потужністю фізичних навантажень рівень А і НА в крові тим вищий, чим більше споживання кисню і його відсоток від максимального. У тих спортсменів, які в стані виконати більш потужну роботу, спостерігається найбільш виражене підвищення концентрації як А, так і НА в крові. Якщо робота на велоергометрі з постійно підвищується, то помірне зростання концентрації А і НА переходить в скачкоподібний приріст. Щодо виділення КА з сечею, то їх екскреція змінюється також в залежності від потужності роботи. Взагалі, що стосується залежності між концентрацією КА в крові людини і зсувами їх в сечі, то це питання різними вченими трактується неоднозначно.

Найбільш значні зміни концентрації гормонів в крові спостерігали при виконанні м’язової роботи великої інтенсивності і тривалості (навантаження в зоні субмаксимальної потужності). Зміни, що полягають в дисбалансі між ланками САС, залежать, в якій зоні відносної потужності виконується навантаження, що їх викликає. Так, порівнюючи реакцію САС на анаеробне і аеробне навантаження констатуємо факт набагато значнішого зростання рівня А супроти помірного збільшення НА при анаеробній роботі, чого не спостерігаємо при навантаженнях аеробного характеру А і НА зростають помірно і в однаковій мірі). Реакція САС у відповідь на роботу анаеробного типу і змішаного – аеробно-анаеробного полягає в тому, що анаеробна робота в більшій мірі стимулює діяльність САС, особливо її гормональної (А) ланки, ніж змішана. Після виконання дозованої роботи певної потужності ця різниця збільшується тільки по НА. Це можна пояснити виходом НА з синапсів в кров’яне русло, що ще раз підтверджує його медіаторне походження і вказує на значення в забезпеченні гомеостатичної регуляції на шляху переходу зі стану спокою до виконання роботи високої потужності [8, 28, 48].

Досить суперечливі дані літератури стосовно залежності реакції САС від рівня тренованості. Під впливом фізичного на вантаження за даними ряду авторів у тренованих і нетренованих людей в крові підвищується рівень КА. При роботі однакової потужності у більш тренованих спостерігаються менш значні зміни в САС, ніж у менш тренованих.

Вивчаючи реакцію САС нетренованих чоловіків на коротко тривалі дозовані велоергометричні навантаження ряд вчених встановили, що вона за лежить не тільки від сили м’язів, прикладеної для долання обертів, але також від тривалості роботи.

Спортивні вправи максимальної і субмаксимальної потужності обумовлюють у добре тренованих спортсменів більш значні збільшення екскреції НА і А, а також їх попередників – ДОФА і ДА, ніж у менш підготовлених. Збільшення в екскреції цих сполук при тривалих спортивних вправах помірної потужності менш виражене, ніж при виконанні вправ максимальної і субмаксимальної потужності. Під час тривалої роботи вміст КА в крові встановлюється на постійному рівні, однак в результаті тренувань цей рівень значно понижується. Тривала робота може викликати зниження рівня А і НА в крові тварин. Під впливом марафонського бігу у добре підготовлених бігунів спостерігали збільшення вмісту НА і А в крові.

Найбільш адекватною реакцією на стресорну дію у людини, а саме у відповідь на фізичне навантаження є така реакція, при якій підвищення секреції КА і збільшення виділення їх з сечею супроводжується паралельним зростанням екскреції ДОФА і ДА. НА може потрапляти в кров’яне русло з симпатичних нервових закінчень, в яких він виконує роль медіатора, або з мозкового шару наднирників як попередник А.

Фізичні навантаження обумовлюють зниження вмісту НА в мозковій тканині, вказуючи на вихід його з синаптичного депо.

Під впливом тренувань збільшуються запаси А і НА в мозковому шарі наднирників, завдяки чому збільшуються можливості симпато-адреналової системи для термінового здійснення своїх гормональних реакцій. Зниження вмісту А і НА в наднирниках, а також НА в тканинах мозку і міокарду при фізичних навантаженнях у тренованих щурів менш виражене, ніж у нетренованих. Підвищення запасів КА веде до того, що треновані тварини проявляють більшу, ніж нетреновані, працездатність і меншу степінь виснаження адреналової активності на фоні введення резерпіну в дозах, які знижують запаси КА в тканинах. Можливість синтезу КА в тренованому організмі зростає. Це підтверджує той факт, що у тренованому організмі спостерігають підвищену активність ферментів, що беруть участь у синтезі КА наднирниками. Тренування не викликає помітних кількісних змін показників активності синтетичних процесів в наднирниках, але створює умови для підтримання синтезу КА в залозі на високому рівні. Виявлено прискорений кругообіг КА в тренованому організмі, про що можна судити з допомогою аналізу співвідношень між КА, їх попередниками і метаболітами [8, 28].

Виявлені гуморально-гормональні зсуви при спортивній діяльності в залежності від мотивації, престижності змагань, рівня претензій. Гормон тривоги (А) переважає в передстартовому стані спортсменів тих видів спорту, які характеризуються великою варіативністю непередбачуваних ситуацій (верхова їзда, стрільба, мотокрос, стрибки з жердиною, парашутний спорт). В інших видах спорту, виступ яких не містить дефіциту інформації - переважає екскреція НА – гормону гомеостазу (біг, ковзани, лещата, плавання, фехтування) [8].

Симпато-адреналові зміни при втомі. Хоча САС і сприяє гострій адаптації до безпосередньо виконуваного навантаження, якщо останнє є дуже інтенсивне і довготривале, обов’язково наступає втома. В першому випадку вона розвивається швидко, але порівняно швидко і минає, в другому випадку – наростає поступово, а в період реституції суттєво сповільнюється. Втома супроводжується рядом біохімічних змін в м’язах, нервовій системі, міокарді, печінці. Зокрема, в скелетних м’язах показником втоми є зниження активності міозинової АТФ-ази і здатності саркоплазматичного ретикулуму до поглинання іонів кальцію – параметрів, безпосередньо зв’язаних з скороченням і розслабленням м’язів, а в головному мозку таким показником є зниження концентрації фосфатних макроергів в рухових зонах його кори. Всі ці зміни відбуваються на фоні пониженої активності САС. Знижується вміст А, НА і ДОФА в периферійній крові, в крові наднирникових вен, в наднирниках, міокарді і скелетних м’язах і зменшується їх уринарна екскреція. Це стосується не тільки наднирників, але і синтезу НА в симпатичних нервах м'язових судин і в міокарді, а в головному мозку синтез КА не пригнічується. Однак, пригнічення синтезу КА і зниження вмісту їх в тканинах і в крові не є результатом повного виснаження САС, оскільки таке явище в тій чи іншій мірі може бути усунено з допомогою додаткових емоційних впливів. Зниження активності САС, особливо під час повільно зростаючого компоненту втоми, яка викликана довготривалими фізичними навантаженнями, знаходить своє вираження в сповільненні біохімічної реституції після закінчення роботи. По мірі ліквідації втоми відбувається нормалізація обміну КА і їх вмісту в тканинах і в крові; час, необхідний для цього, залежить від величини, інтенсивності та тривалості навантаження і займає від декількох хвилин, годин до двох і більше діб. При хронічній втомі, яка викликана багатократними виснажливими навантаженнями, порушення в обміні КА особливо значне і відновлення нормальних співвідношень відбувається ще повільніше. Всі наведені дані свідчать про те, що зрив гострої адаптації до м’язової діяльності супроводжується порушенням адренергічної регуляції, що, можливо, є одною з причин цього зриву, тобто розвитку втоми, яка діє за механізмом захисної реакції і проявляється у відмові від роботи або в різкому зниженні її ефективності [3, 8, 18].

**Висновки до розділу 2**

Виявлені гуморально-гормональні зсуви при спортивній діяльності в залежності від мотивації, престижності змагань, рівня претензій. Гормон тривоги (А) переважає в передстартовому стані спортсменів тих видів спорту, які характеризуються великою варіативністю непередбачуваних ситуацій (верхова їзда, стрільба, мотокрос, стрибки з жердиною, парашутний спорт). В інших видах спорту, виступ яких не містить дефіциту інформації - переважає екскреція НА – гормону гомеостазу (біг, ковзани, лещата, плавання, фехтування)

**РОЗДІЛ. 3 ВПЛИВ ХАРЧУВАННЯ НА ФУНКЦІЇ**

**НАДНИРКОВИХ ЗАЛОЗ**

**3.1. Протеїн та білок для нарниркових залоз**

Спосіб і якість харчування є важливими чинниками, які можуть впливати як на здоров’я, так і на благополуччя. Правильне харчування сприяє підтримці гомеостазу в організмі. Зміни способу життя призводять до підвищення ступеня переробки їжі і, отже, до зниження харчової цінності доступних продуктів. Це змушує застосовувати технологічні зміни в харчуванні, тобто збагачення та формування дієтичних добавок. Модифікована їжа може доповнити раціон необхідними поживними речовинами [67].

Чинники навколишнього середовища, такі як діяльність, можуть викликати адаптаційні зміни ендокринної системи кожної людини. Кортизол є кортикостероїдом, вплив якого змінюється в залежності від його концентрації. Завдяки своїй багатосторонній дії він мобілізує організм на боротьбу зі стресом, забезпечуючи стабільний рівень глюкози, стимулюючи регенерацію тканин і гальмуючи запальні процеси.

Такі чинники, як стресова робота, особисті проблеми, інтенсивні тренування, можуть призвести до довготривалої стійкої надмірної концентрації цього гормону, впливаючи на формування метаболічних розладів, таких як резистентність до інсуліну, підвищення артеріального тиску, аномальна регенерація кісток і синтез колагену або дефіцит кальцію в організмі. Дієтичні добавки в даний час широко використовуються як здоровими, так і хворими людьми різного віку, але найчастіше це стосується фізично активних людей. Багато широко доступних дієтичних добавок містять поживні речовини, які регулюють гомеостаз стероїдних гормонів. Розробка оптимальної дієти є одним із факторів, що визначають благополуччя, здоров’ я та успіх [62].

Харчування для наднирників рекомендується бути збалансованим, включати достатню кількість білків, здорових жирів та вітамінів. Важливим є регулярні прийоми їжі. Слід розподілити прийоми їжі протягом дня для уникнення різких коливань рівня цукру та гормонів.

Людям з проблемами наднирників рекомендується уникати великої кількості кави, оброблених продуктів, високого вмісту цукру та насичених жирів. Їжа, багата цукром та трансжирами, може сприяти виникненню вагових проблем, а це в свою чергу може впливати на роботу наднирників. Продукти з великою кількістю простих вуглеводів, такі як білі хлібці та солодощі, можуть викликати стрімке збільшення рівня цукру в крові, що може впливати на вироблення інсуліну та наднирниковий гормон кортизол. Велике споживання солі може підвищити кров'яний тиск та впливати на роботу наднирників. Шкода наднирникам через велику кількість протеїну в основному пов’язана з довготривалим та надмірним споживанням білків, особливо якщо це супроводжується недостатнім споживанням інших макро- та мікроелементів [67].

Такий дисбаланс може призвести до різних проблем, а саме:

1. Вплив на нирки. Велика кількість білків може тяжіти на нирки, зокрема при патологіях, іншими словами, коли нирки не можуть ефективно виводити відходи білків.

2. Кислотно-основний баланс. Збільшення споживання білків може впливати на кислотно-основний баланс організму, що вимагає компенсації нирками та може турбувати роботу наднирників.

3. Гормональний вплив. Високий рівень протеїну може впливати на гормональний статус, зокрема стимулюючи вироблення гормонів, які можуть впливати на наднирники.

Надмірне споживання води або інших рідин може впливати на нирки та може викликати проблеми, які впливають на наднирники. Зокрема, виникають такі проблеми, як:

▪ Гідратація та наднирники. Велика кількість води важлива для забезпечення нормальної роботи наднирників. Гідратація є ключовою для підтримки вироблення гормонів та ефективної екскреції токсинів через нирки.

▪ Гіпонатріємія (розведення крові). Якщо людина випиває надто багато води, особливо в короткий проміжок часу, це може призвести до гіпонатріємії, коли рівень натрію в організмі занадто розбавляється. Це може викликати проблеми з нирками та наднирниками.

▪ Електроліти та фізична активність. Фізична активність може призводити до втрати електролітів через піт. Збалансоване споживання електролітів, таких як натрій та калій, важливе для підтримки нормальної функції наднирників.

▪ Зайва кавовозалежність. Надмірне споживання кави та кавовомістких напоїв може призвести до діуретичної дії, збільшення вироблення сечі, і це може впливати на роботу нирок та наднирників.

▪ Енергетичні напої. Висока кількість цукру та кофеїну в енергетичних напоях може викликати стрес для наднирників та впливати на рівень кортизолу.

▪ Надмірне вживання алкоголю. Алкоголь може викликати дегідратацію, що негативно впливає на нирки та може сприяти виробленню стимулюючих гормонів наднирників.

Дослідження впливу молочних продуктів на наднирники у людей є обмеженими, і результати не є однозначними. Однак є деякі дослідження та гіпотези, які можна розглянути:

⬩ Кальцій та кількість кави. Деякі дослідження наводять припущення, що велика кількість кальцію, зокрема з молочних продуктів, може зменшувати вбирання кави.

⬩ Білки та гормони. Білки, які містяться в молочних продуктах, можуть впливати на рівень інсуліну та інших гормонів. Однак вплив на наднирники залишається питанням обговорення.

⬩ Гіпотеза про вітамін D. Деякі дослідження вказують на можливий зв’язок між витратою вітаміну D та функцією наднирників. Молочні продукти часто є джерелом вітаміну D.

Протеїнове харчування в спорті часто досліджується, але деталі щодо його впливу на наднирники можуть бути складні, і результати досліджень не завжди однозначні. Ось деякі аспекти, які можуть бути враховані:

⇨ Білки та наднирники:

- протеїни важливі для регенерації м’язів після тренувань, але велика кількість білків може впливати на азотистий баланс та вироблення гормонів, таких як інсулін та адренокортикотропний гормон (AКТГ).

⇨ Білки та кортизол:

- деякі дослідження вказують на можливий зв’язок між великою кількістю білків у харчуванні та підвищеним рівнем кортизолу, що може впливати на наднирники.

⇨ Водорозчинні вітаміни:

- з врахуванням того, що надлишок білків може збільшувати вироблення кортизолу, деякі спортсмени можуть додатково споживати вітаміни групи В, які взаємодіють з наднирниковою системою.

⇨ Амінокислоти:

- деякі дослідження вказують на важливість окремих амінокислот, зокрема, відомо, що амінокислота левцин взаємодіє зі структурою білків, що може впливати на гормональний відгук.

⇨ Оптимальне споживання білків:

- науковці рекомендують оптимальне споживання білків в залежності від індивідуальних потреб та виду спорту.

Важливо враховувати, що індивідуальні потреби в протеїнах різняться, і рекомендації щодо споживання повинні враховувати фізичну активність, стан здоров’я та інші фактори.

**3.2. Харчова підтримка надниркових залоз**

Для харчової підтримки правильної роботи наднирників варто уникати продукти, які сприяють швидкому підвищенню рівня цукру в крові. Не слід вживати рафінований цукор, сахарозу та кукурудзяний сироп з високим вмістом фруктози, тістечка, солодку випічку, напої, насичених цукром, а також інші продукти з високим вмістом цукру. Обмеження мають стосуватись і крохмалю, макаронних виробів, хліба та ін. Коливання рівня цукру в крові спричиняють порушення роботи наднирників і викликають надлишкову продукцію кортизолу. Підвищений рівень кортизолу корелює із стресом, тоді втрачається контроль над апетитом, розвивається тяга до солодкого, що викликає збільшенням ваги. Збільшення кортизолу ослаблює імунну систему, викликає депресію, втрату м’язової маси, остеопороз, серцево-судинні захворюваннями та атрофію мозку [69].

Важливим для роботи надниркових залоз є: мінерали, вітаміни та поживні речовини, які необхідні організму для вироблення кортизолу.

З мінералів важливе місце займають продукти, багаті на калій. Паралельно з цим потрібно уникати продуктів з високим вмістом натрію. Як показують дослідження дієтологів – натрій, все ж таки, у більшості випадків споживається людьми вдвічі більше, ніж калій .

Вчені рекомендують дотримуватись співвідношення в їжі K/Na – більше ніж 5 : 1. Cередні співвідношення K/Na для свіжих фруктів та овочів наступні (табл.. 3.1.):

Таблиця 3.1.

Співвідношення K/Na для свіжих фруктів та овочів

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Продукт харчування | Частка Калію | Частка Натрію |
| морква | 75 | 1 |
| картопля | 110 | 1 |
| яблука | 90 | 1 |
| банани | 440 | 1 |
| помаранчі | 260 | 1 |

Для здоров’я наднирників варто споживати в день – калію не менше 3-5 г, а доза натрію – не має перевищувати 1500 мг.

Усі основні поживні речовини мають вирішальне значення для підтримки функції надниркових залоз. Вітаміни: С, В, а також – цинк, магній, пантотенова кислота є потрібними для синтезу надниркових гормонів.

Спортсменам, які переживають сильні стреси рекомендовано споживати множинні вітамінно-мінеральні комплекси [4].

Вітамін C.

Вітамін C – це водорозчинний вітамін, відомий своєю антиоксидантною підтримкою та зміцненням імунітету, але він також є потужним попередником для вироблення кортизолу наднирковими залозами. Отже, коли тіло відчуває більше стресу, то витрачається багато вітаміну С для виробництва кортизолу, таким чином підвищуючи потребу організму в ньому [43].

Відповідне дозування для підтримки надниркових залоз залежить від рівня стресу. Починати варто з 1000 мг на день і повільно досягти цільового значення 2000-4000 мг або до переносимості кишечника. Вітамін С може послабити дефекацію. Якщо це сталося, слід трохи зменшити дозу.

Найкращою формою є забуферений вітамін С або ліпосомальний. Для кращого засвоєння вітаміну С варто приймати його з біофлавоноїдами, як це зустрічається в природі [43].

Вітаміни групи В: В5, В6, В12.

Вітаміни групи В є критично важливими для багатьох процесів в організмі, включаючи детоксикацію, виробництво нейромедіаторів і клітинну енергію. Вони також допомагають організму виробляти кортизол і підтримують шляхи, пов’язані зі збільшенням енергії. В5 сприяє виробленню коензиму А, який відповідає за енергію клітин. B6 допомагає виробляти кортизол і різні нейромедіатори, а B12 допомагає збільшити енергію та підтримує детоксикацію.

Пантотенова кислота (вітамін B5) необхідна для оптимізації функціонування надниркових залоз. Нестача вітаміну B5 призводить до атрофії наднирників: розвивається втома, головний біль, порушення сну, нудота та дискомфорт у животі.

Вітамін B5 міститься в в таких продуктах, як:цільне зерно, бобові, цвітна капуста, броколі, лосось, печінка, солодка картопля та помідори. При втомі надниркових залоз рекомендується приймати від 100 мг пантотенової кислоти щодня [4, 17, 18].

Омега 3 жирні кислоти. Міститься в жирній рибі, авокадо, лляній олії, волоських горіхах. Омега 3 жирні кислоти відомі своїми протизапальними властивостями, підтримують мозок, неврологічне функціонування та настрій. Омега-3 і незамінні жирні кислоти в цілому також є будівельним матеріалом для кортизолу та інших гормонів. Гормони виробляються з холестерину, який є ліпідом (або жиром), тому важливо переконатися, що в організмі достатньо здорових жирів для вироблення цих гормонів. Найкращий спосіб отримувати омега-3 окрім дієти – це доповнити риб’ячий жир або масляну добавку з відповідним співвідношенням омега – 3 : 6 : 9.

Результати досліджень показують, що риб’ячий жир зменшує сповільнює ЧСС та зменшує активність симпатичних нервів м’язів, активованих через психічний стрес. Отже, вживання риб’ячого жиру зменшує дію стресу на активацію симпатичної частини ВНС [43].

Lactobacillus hilgardii – пробіотична бактерія, яка виробляє PharmaGABA (це природна форма гамма-аміномасляної кислоти).

Добавки PharmaGABA виявляють легкий заспокійливий вплив на нервову систему, при цьому зберігається розумова концентрація та ясність. Добавки PharmaGABA знижують секрецію гормонів стресу наднирниками.

Адаптогени:

Крім попередників, існують трави, які можуть значно допомогти підтримати надниркові залози. Разом вони називаються адаптогенами, тому що вони допомагають організму адаптуватися. Найвідоміші – це: китайський або корейський женьшень (Panax ginseng), родіола (Rhodiola rosacea), та ашваганда (Withania somnifera).

Ці рослини сприяють покращенню роботи надниркових залоз і підвищенню стійкості до стресу. Ці рослини здавна використовувалися для:

✓ відновлення життєвих сил,

✓ посилення енергії,

✓ покращення розумової та фізичної працездатності,

✓ запобігання наслідкам стресу [43].

Родіола (Rhodiola rosea) – показана при виснаженні, тривожності, депресивності. Зменшуж втому, збільшує енергію і витривалість під час тренувань. Сприяє покращенню пам’яті, когнітивних функцій та настрою. Має стимулюючий ефект.

Родіола має перевагу перед іншими адаптогенами в умовах гострого стресу, оскільки вона може викликати миттєве відчуття розслаблення та ефекту зниження тривоги.

Прийом екстракту родіоли передодні гострих стресових подій запобігає впливу стресу на розумову та фізичну працездатність.

Eleuthrococcus (Eleutherococcus senticous – сибірський женьшень) – відновлює морфо-функціональний стан наднирників. Додає енергії, але не надто стимулює, допомагає впоратися з тривогою та порушенням сну.

Китайський або корейський женьшень (Panax ginseng) також допомагає одужанню після стресу. Panax ginseng позитивно впливає на фізичну працездатність, витривалість та відновлення завдяки вмісту гінзенозидів.

Американський женьшень (Panax quinquefolius) також показаний при виснаженні надниркових залоз. Допомагає при психічному, емоційному та фізичному виснаженні та нервовому виснаженні, а також при низькому тиску і низькому рівні цукру в крові.

Ашваганда (Withania somnifera) – дуже корисний адаптоген. Показаний тим, хто виснажений або ослаблений під час стресу. Це розслаблюючий, тонізуючий адаптоген. Хоча він не має справжньої седативної дії, у деяких людей він може викликати сонливість, тому його краще приймати на ніч. Прийом його в цей час може допомогти тим, хто втомився від високого рівня кортизолу вночі, і безумовно допоможе відновити спокійний сон. Потрібен час, щоб відчути ефект, тому його потрібно приймати протягом кількох місяців. Ашваганда знижує рівень гормону стресу – кортизолу та одночасно збільшує рівень антистресового гормону наднирників – дегідроепіандростерону (ДГЕА). Ашваганда сприяє покращенню сну.

Солодка Glycyrrhiza glabra. Солодка – це потужний модулятор надниркових залоз. Допомагає збалансувати наднирники. Він блокує розпад кортизолу та альдостерону, що допомагає збільшити енергію та витривалість. Ця трава корисна для втоми надниркових залоз, оскільки вона також має протизапальну дію, підтримує імунітет і захищає печінку. Солодка також відома як чудовий синергізатор. Це допомагає іншим травам краще працювати разом. Застереження: це може підвищити кров’яний тиск, тому людям з високим кров’яним тиском слід уникати.

Коли надниркові залози працюють оптимальніше, дуже важливо переконатися, що стрес не спричинить їх повторний збій. Крім прийому підтримуючих вітамінів і трав, спосіб життя може бути ключовим у зниженні стресу.

Стосовно використання кофеїну, то, безумовно, кофеїн є стимулятором, який може підвищити як фізичну, так і розумову активність. Однак така активація часто відбувається за рахунок погіршання сну та надмірної стимуляції наднирників.

Зелений чай є чудовим джерелом природного кофеїну та рослинних сполук, які, як правило, зменшують деякі побічні ефекти кофеїну, такі як відчуття занепокоєння та нервозність. Наприклад, зелений чай, особливо у формі матча, також містить сполуку L-теанін, яка протидіє певному впливу кофеїну на мозок, що може призвести до нервозності та порушення сну. L-теанін також доступний як дієтична добавка. У клінічних дослідженнях на людях було показано, що добавки L-теаніну впливають на стрес та покращують роботу мозку [4].

Спортсмени мають тренуваннями виділяти достатньо часу для повного відновлення.

Серед рекомендацій – щоденна медитація, щоденник або молитва та, безумовно, – дієта. Для надниркових залоз баланс цукру в крові є ключовим. Це можна зробити, харчуючись регулярно невеликими порціями, вживаючи білок під час кожного прийому їжі та уникаючи продуктів з високим глікемічним індексом. Дієта настільки індивідуальна залежно від рівня активності, того, як тіло розщеплює різні продукти, тому обов’язково консультуватись зі своїм тренером, дієтологом або натуропатом про те, яка дієта найкраща. Загалом найкраще дотримуватись органічної дієти, яка базується на цілісних продуктах харчування, з великою різноманітністю. Також краще уникати продуктів, які посилюють надниркові залози, таких як цукор, алкоголь, оброблені харчові продукти та кофеїн [43].

**Висновки до розділу 3**

Спосіб і якість харчування є важливими чинниками, які можуть впливати як на здоров’я, так і на відновлення роботи різних органів у спортсменів після великих фізичних навантажен. Правильне харчування сприяє підтримці гомеостазу в організмі.

Чинники навколишнього середовища, такі як діяльність, можуть викликати адаптаційні зміни ендокринної системи кожної людини. Кортизол є кортикостероїдом, вплив якого змінюється в залежності від його концентрації. Завдяки своїй багатосторонній дії він мобілізує організм на боротьбу зі стресом, забезпечуючи стабільний рівень глюкози, стимулюючи регенерацію тканин і гальмуючи запальні процеси.

Такі чинники, як стресова робота, особисті проблеми, інтенсивні тренування, можуть призвести до довготривалої стійкої надмірної концентрації цього гормону, впливаючи на формування метаболічних розладів, таких як резистентність до інсуліну, підвищення артеріального тиску, аномальна регенерація кісток і синтез колагену або дефіцит кальцію в організмі.

Харчування для наднирників рекомендується бути збалансованим, включати достатню кількість білків, здорових жирів та вітамінів. Важливим є регулярні прийоми їжі. Слід розподілити прийоми їжі протягом дня для уникнення різких коливань рівня цукру та гормонів.

**РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ**

**4.1. Фізичні навантаження та стан надниркових залоз**

Надмірні фізичні навантаження, незалежно від того, хто їх виконує – спортсмен чи не спортсмен – піддадуть ризику розвитку втоми надниркових залоз.

Фізичні вправи – це стрес для організму. Під час тренування рівень кортизолу зростає і, зазвичай, залишається підвищеним протягом кількох годин після завершення вправи. В цілому це є корисним. Допоки фізичні вправи мають помірну тривалість та інтенсивність, стрес, який вони створюють для організму, є корисним. Загалом фізичні вправи створюють скромний попит на ресурси тіла. Отже, невеликі стреси корисні для організму. Ці типи стресу, викликаного фізичними вправами, допомагають створити метаболічний резерв, який можна розглядати як здатність тіла справлятися зі стресом. Нормальна частота та інтенсивність фізичних вправ допомагають навчити тіло краще реагувати на стрес.

Більше фізичних вправ не завжди означає краще. Насправді надмірні фізичні навантаження можуть спричинити втому надниркових залоз, а не вилікувати її. Якщо не бути обережними, спортсмени та ті, хто регулярно займається інтенсивними вправами, піддаються підвищеному ризику розвитку втоми надниркових залоз. Ось чому дотримання чіткого графіка тренувань є таким вигідним – це гарантує, уникнення стану перетренування.

Помірні фізичні вправи викликають помірне підвищення кортизолу. Це вигідно. Але під час інтенсивних тренувань рівень кортизолу підвищується до вищих рівнів і залишається підвищеним довше. У марафонців рівень кортизолу залишатиметься надзвичайно високим після забігу. Це може призвести до підвищеного ризику інфекції, пригнічення імунітету та навіть розвитку втоми надниркових залоз [45].

Якщо спортсмен добре підготовлений, то він може витримати набагато вищий рівень інтенсивності, ніж хтось нетренований. Здатність переносити підвищену частоту та інтенсивність вправ зростає, коли тіло адаптується. Наприклад, непідготовлена ​​особа може виявити, що кроссфіт-тренування насправді посилюють її втому. Але коли її тіло адаптується до вимог тренувань, вона отримає велику користь від програми вправ.

Головне – починати повільно і з часом розвивати толерантність до вправ. Спортсмени повинні звернути пильну увагу на свою зону толерантності. Тренування за межами зони толерантності протягом тривалого часу призведе до розвитку втоми надниркових залоз.

Як зрозуміти, що людина занадто багато тренується?

Спортсменам наполегливо рекомендують проводити лабораторні дослідження. Вимірюючи рівень кортизолу під час інтенсивних тренувань, спортсмен може визначити, чи перебуває в зоні толерантності свого тіла, чи прямує до надмірного тренування.

Більш суб’єктивний спосіб визначити, чи є спортивні зусилля занадто великими, – це просто звернути пильну увагу на рівень енергії після тренування. Якщо спортсмен виявить, що йому потрібно більше двох-трьох годин, щоб відновити енергію після тренування, це занадто інтенсивно. Якщо після тренування спортсмен відчуває бадьорість, інтенсивність знаходиться в межах його допустимої зони.

Фахівці попереджають: тривалість і інтенсивність тренування потрібно збільшувати повільно. Це дає організму час адаптуватися до нового стресу.

Інший спосіб оцінити інтенсивність активності – це пульс. Якщо людини тільки починаєте програму вправ, слід підтримувати пульс у межах 50-70% від максимального. Щоб обчислити максимальну частоту серцевих скорочень, потрібно відняти свій вік від 220. Далі – помножити це число на відсоток, якого потрібно досягти.

Наприклад, якщо особі 45 років, максимальна частота серцевих скорочень буде 220 мінус 45. Таким чином, максимальна частота серцевих скорочень буде 175. 70% від 175 – це 123 удари на хвилину. Якщо це – спортсмен, тоді потрібно, щоб цільовий пульс становив 85-90% від максимального. Той самий 45-річний спортсмен хотів би підтримувати пульс на рівні 150 ударів на хвилину.

Якщо спортсмен інтенсивно тренується або готується до змагань, обов’язково потрібно звернути пильну увагу на ознаки перетренованості. До них належать:

* постійний біль у м’язах,
* підвищений пульс у стані спокою,
* збільшення кількості захворювань на застуду/грип,
* дратівливість,
* депресія,
* збільшення кількості травм під час тренувань,
* знижена працездатність,
* уповільнене відновлення,
* неможливість завершити тренування,
* низький апетит,
* нудота [37, 38].

Як спортсмени можуть запобігти втомі надниркових залоз?

Найкращий спосіб запобігти втомі надниркових залоз – тримати фізичні вправи в межах допустимої зони. Продовження тренувань за межами зони толерантності викликає втому надниркових залоз. Але іноді конкуренція може підштовхнути спортсмена тренуватися за межами зони терпимості. Це може бути єдиним способом залишатися конкурентоспроможним з однолітками.

Перш ніж створити будь-який режим прийому добавок, фахівці наполегливо рекомендують спортсменам дотримуватися дієти з повним вмістом поживних речовин. Це гарантує, що тіло не зазнає додаткового стресу від їжі, яку ви їсте. Вато пам’ятати, що низький рівень запалення, як той, який виникає, коли споживається чутлива/алергійна їжа, може спричинити втому надниркових залоз [67].

**4.2. Дієта при втоми надниркових залоз**

Щоб позбутися від втоми надниркових залоз, яка виникає у спортсменів, необхідно працювати зі стресом. Але те, що спортсмен їсть, також має значення. Деякі продукти покращують здоров’я надниркових залоз, а інші – навпаки.

Рекомендації щодо харчування при переванженні надниркових залоз у спортсменів.

Варто дотримуватись дієти при втомі надниркових залоз.

Дієта від втоми надниркових залоз. Однією з головних цілей дієти від втоми надниркових залоз є підтримка стабільного рівня цукру в крові. Це пояснюється тим, що наднирники виробляють гормон стресу кортизол, який бере участь у регуляції рівня глюкози в крові. Якщо надниркові залози перевантажені, а рівень кортизолу падає, то може погіршитися і рівень цукру в крові. Це лише створює додаткове навантаження на наднирники. Ось чому підтримка балансу цукру в крові є ключем до покращення здоров’я надниркових залоз.

Найкращі продукти для здоров’я надниркових залоз:

1. Високоякісний білок. Включення білка до кожного прийому їжі та перекусів є обов’язковим при втомі надниркових залоз. Білок допомагає стабілізувати рівень цукру в крові, щоб підтримувати стабільний рівень енергії.

Але якість має значення. дієтологи радять отримувати високоякісний білок, споживаючи такі продукти, як :

* органічна курка, індичка та свинина,
* дика риба,
* яловичина трав’яної відгодівлі,
* органічні яйця курей, вирощених на пасовищі,
* бобові, такі як сочевиця і квасоля,
* горіхи та насіння,
* органічні соєві продукти, такі як тофу [7, 13].

1. Варто вживати здорові жири. Як і білки, здорові жири необхідні для лікування втоми надниркових залоз. Жир сприяє ситості, стабілізує енергію та допомагає організму виробляти гормони (наприклад, кортизол).

Наприклад, такі жири, як:

* кокосова олія багата тригліцеридами, які підтримують роботу мозку;
* авокадо містить багато клітковини та корисних для серця мононенасичених жирів;
* оливкова олія має потужні протизапальні та антиоксидантні властивості;
* горіхи та насіння забезпечують білок і здорові жири, щоб підтримувати рівень цукру в крові збалансованим;
* жирна риба, як-от лосось, сардини та скумбрія, багата омега-3 жирними кислотами, які зменшують запалення та сприяють здоров’ю мозку [7, 13].

Вживання різноманітних різнокольорових овочів є важливою частиною дієти при втомі надниркових залоз. Овочі надзвичайно живлять надниркові залози завдяки високому вмісту вітамінів і мінералів. Варто їсти 6-8 порцій овочів щодня, особливо таких некрохмалистих овочів, як:

* листова зелень. Хронічний стрес виснажує магній, мінерал, який сприяє розслабленню та допомагає спати. На щастя, шпинат, листова капуста, зелень і мангольд багаті магнієм. Вживання більшої кількості цієї зелені може допомогти поповнити запаси магнію;
* хрестоцвіті овочі. Броколі, цвітна та брюссельська капуста містять глюкозинолати, сполуки, які сприяють детоксикації. Токсини створюють додаткове навантаження на наднирники. Такі шляхи детоксикації можуть посилити роботу надниркових залоз;
* овочі: цибуля, часник – містять сполуки сірки, які сприяють детоксикації печінки;
* крохмалисті овочі, такі як батат, горіх і горох, також підійдуть, оскільки вони багаті клітковиною та фітонутрієнтами. Але їх краще споживати з білком або жиром. Якщо їх їсти окремо, вони можуть спричинити стрибок цукру в крові.

1. Цільні зерна без глютену.

Цільні зерна не тільки багаті вітамінами та мінералами, але й клітковиною. Клітковина уповільнює травлення, тому глюкоза виділяється повільніше. Це запобігає неприємним стрибкам рівня цукру в крові, які можуть статися з рафінованим зерном.

Коли харчування спрямоване на підтримку функціонування надниркових залоз, найкраще вживати зерна без глютену (принаймні спочатку). Багато людей чутливі до глютену і навіть не підозрюють про це. У таких людей вживання глютену може спровокувати запальну реакцію, яка може ускладнити загоєння.

Безглютенові цільні зерна, такі як:

* коричневий рис,
* дикий рис,
* гречана крупа,
* кіноа,
* пшоно,
* амарант,
* овес.

1. Фрукти з низьким вмістом цукру.

Фрукти багаті вітамінами, мінералами, антиоксидантами та клітковиною. У багатьох фруктах також багато вітаміну С, який допомагає організму виробляти гормони стресу, такі як кортизол. Але у фруктах є природний цукор, тому на це слід звертати увагу. Для надниркових залоз найкраще вживати такі фрукти з низьким вмістом глікемії, як:

* ягоди,
* яблука,
* груші,
* манго,
* ківі,
* вишні.

Варто уникати фруктів з високим вмістом калію, оскільки вони можуть посилити дисбаланс надниркових залоз. Фрукти з високим вмістом калію – це:

* банани,
* апельсини,
* грейпфрут,
* родзинки.

У міру відновлення надниркових залоз можна додавати більше фруктів.

1. Морська сіль.

Потяг до солі є однією з характерних ознак втоми надниркових залоз. Це тому, що втома надниркових залоз може спричинити електролітний дисбаланс, особливо між калієм і натрієм (він же сіль).

Тому краще уникати кухонної солі та вживати багату мінералами морську сіль. Морські водорості та ламінарія також можуть бути чудовими продуктами для збільшення споживання натрію.

1. Ферментовані продукти.

Кишковий мікробіом впливає на те, наскільки добре організм реагує на стрес. Тож підтримка здоров’я кишечника також може принести користь здоров’ю надниркових залоз. Одним з простих способів є – споживання ферментованих продуктів. Ферментовані продукти містять живі пробіотики, які підтримують травлення та допомагають підтримувати баланс кишкових бактерій. Рекомендується вживати до 1-2 порцій ферментованих продуктів щодня, таких як квашена капуста, йогурт, кефір, чайний гриб, кімчі, місо та темпе [7, 13].

При втомі надниркових залоз спортсменам не рекомендовано вживати цукор. Газована вода, цукерки та інші солодощі підвищують рівень глюкози в крові, забезпечуючи швидкий прилив енергії. Але незабаром настає неминуче падіння цукру, і організм втомлюється більше, ніж раніше. Цукор також викликає запалення та живить шкідливі бактерії у кишечнику.

Алкоголь – головна заборона для лікування надниркових залоз. Алкоголь шкодить здатності організму виробляти кортизол і порушує зв’язок між нервовою, ендокринною та імунною системами.

Кофеїн. Кава може дати швидкий заряд енергії, але це погана новина для надниркових залоз. Дослідження показують, що кофеїн підвищує рівень кортизолу та порушує сон. Тому під час лікування надниркових залоз краще уникати цього.

Є багато трав’яних чаїв, які стануть чудовою заміною кави: чай з кульбаби, цикорію, з базиліка – чудові варіанти. Можна і трохи зеленого чаю.

Рослинні олії, такі як кукурудзяна олія та соєва олія, мають високий вміст омега-6 жирних кислот. Хоча деяка кількість омега-6 жирів потрібна організму, але їх надмірне споживання може призвести до хронічного запалення. Багато рослинних і насіннєвих олій також піддаються високій обробці, що тільки посилює запалення.

Олії, яких слід уникати, включають:

* соняшникова олія,
* олія виноградних кісточок,
* бавовняна олія,
* арахісова олія,
* соєва олія.

Оброблені харчові продукти. Більшість оброблених продуктів переповнені штучними консервантами, барвниками та наповнювачами, що ускладнює їх перетравлення. Не кажучи вже про те, що вони малопоживні. Щоб оздоровити надниркові залози, варто відмовитись від оброблених продуктів і зосередьтеся на цільних продуктах.

Рафіновані зерна. Білий рис і продукти, виготовлені з білого борошна, позбавлені поживних речовин і клітковини. Через це вони швидко перетворюються на цукор і викликають ті самі проблеми з глюкозою в крові, що й цукор.

Час прийому їжі.

Для відновлення після втоми надниркових залоз важливо не лише те, що слід їсти, але й час. Пропуск їжі може спровокувати різке підвищення рівня цукру в крові та кортизолу. З цієї причини найкраще їсти через рівні проміжки часу (приблизно кожні три години). Розрахунок їжі та перекусів відповідно до природного ритму кортизолу може допомогти підтримувати стабільний рівень енергії [13].

Приклад графіка прийому їжі при втомі надниркових залоз:

Сніданок – одразу після пробудження, щоб відновити енергію, в ідеалі між 6:00 і 8:00 ранку

Перекус – приблизно через 2-3 години після сніданку.

Обід: близько 12:00

Перекус у другій половині дня – у багатьох людей із втомою надниркових залоз рівень кортизолу падає між 15:00 і 16:00. Щоб уникнути цього спаду в другій половині дня, варто робити перекус між 14:00 і 15:00.

Вечеря. З 17:00 до 18:00.

Варто велючати хороший баланс білків, здорових жирів і вуглеводів під час кожного прийому їжі та перекусів, щоб підтримувати рівень цукру в крові стабільним.

Приклад харчового раціону:

Сніданок: яєчня (білок), пасерований шпинат і цибуля (вуглеводи), нарізане авокадо (жир).

Полуденок: яблуко (вуглеводне) з жменею волоських горіхів (білок + жир)

Обід: курка-гриль (білки), солодка картопля (вуглеводи) і зелений салат з вінегретом з оливковою олією (вуглеводи + жир)

Полуденок: палички селери (вуглеводи) з мигдальним маслом (білки + жир)

Вечеря: лосось (білки), кіноа (вуглеводи), капуста, смажена на оливковій олії (вуглеводи + жир) [13].

Для підтримання надниркових залоз при втомі також має значення те, як людина харчується. Для оптимального травлення потрібно перебувати в парасимпатичному стані, також відомому як режим «відпочинок і травлення».

Під час прийому їжі не слід їсти та працювати одночасно. Ось кілька порад, які можуть допомогти.

Фахівці радять зробіть кілька глибоких вдихів. Починати кожен прийом їжі з трьох повільних, глибоких вдихів, що допомагає тілу розслабитися, створюючи умови для травлення.

Їсти слід, не відволікаючись, зосередивши всю свою увагу на їжі.

Варто добре пережовувати їжу. Чим більше їжу пережовувати, тим краще буде травлення.

У випадках, коли інтенсивні тренування абсолютно критичні, фахівці рекомендують спортсменам дотримуватися структурованого режиму добавок. Добавки слід використовувати лише в короткостроковій перспективі. Добавки дозволяють розширити зону толерантності організму. Це дозволяє тренуватися більш інтенсивно протягом більш тривалого періоду часу.

Основні добавки для здоров’я надниркових залоз у спортсменів повинні включати:

✓ Вітамін С потрібен спортсменам для виробництва кортизолу. Під час занять легкою атлетикою виникає підвищена потреба у вітаміні С [21].

✓ Вітаміни групи В також необхідні для вироблення гормонів надниркових залоз. Дефіцит вітамінів групи В може погіршити ефективність як аеробних, так і анаеробних вправ [69].

✓ Магній. У спортсменів підвищена потреба в магнії. Навіть незначний дефіцит магнію погіршує ефективність фізичних вправ і посилює негативні наслідки виснажливих фізичних вправ. Спортсменки повинні приймати 220 мг/добу. Спортсмени-чоловіки повинні приймати 260 мг/день [44, 69].

✓ Фосфатидилхолін є компонентом клітинних стінок (мембран). Це допомагає захистити клітину від окислювального стресу. Також було показано, що фосфатидилхолін знижує рівень кортизолу [33]. Фосфатидилхолін допоможе підтримувати баланс кортизолу завдяки інтенсивним тренуванням.

Крім харчування, є дослідження, які показують, що спортсмени, які тренуються на відкритому просторі, можуть покращити реакцію кортизолу. Порівняно з тренуваннями в приміщенні, фізичні вправи в природному середовищі асоціювалися з більшим відчуттям пожвавлення та позитивного залучення, зниженням напруги, розгубленості, гніву та депресії та збільшенням енергії [20].

Доведено, що відновлююча практика, така як йога, також покращує відновлення спортсмена та допомагає краще збалансувати те, як тіло сприймає та переживає стрес [58].

ВИСНОВКИ

Із самого початку фізичної активності людини починають змінювати свій функціональний стан ряд систем організму: серцево-судинна, дихальна, нервова, ендокринна.

Реакція катаболічних й анаболічних гормонів на фізичне навантаження називають «гормональним відгуком». Дія катаболічних гормонів проявляється у регуляції розпаду та окиснення речовин в організмі. Зокрема, – це «гормони стресу» – адреналін і кортизол. Якщо навантаження є нетривалим, то ці гормони є корисними. Так, кортизол мобілізує та знімає запалення і сприяє підвищенню рівня цукру в крові, що забезпечує організм енергією. Але, при перевантаженнях, які часто супроводжують професійну діяльність спортсмена, виникає стрес, який діє на організм тривало, кортизол виробляється постійно, цукор – підвищений, що призводить до зношування, в першу чергу – надниркових залоз. В роботі розглядали поняття «втома наднирників» та «ниркова недостатність».

На думку дослідників, спортсмени мають правильно розподіляти фізичне навантаження, щоб уникати подібних змін в наднирниках. Тренування слід зупиняти тоді, коли організм ще має ресурси для відновлення. У такому випадку активуються анаболічні гормони. Завдяки їх функціонуванню – спалюються жир, регенерують м’язи, зміцнюється кісткова тканина.

Фахівці стверджують, що потрібно – 40-45 хвилин інтенсивного фізичного навантаження, щоб відбулися позитивні анаболічні реакції.

Для отримання ефекту гормонального відгуку фізичне навантаження повинно бути достатньо інтенсивним. Низькоінтенсивна робота практично не задіює ендокринну систему. Ефект виникає при силових тренуваннях, циклічних навантаженнях, чергуванні навантажень з активним відпочинком.

Надниркові залози – це залози ендокринної системи. Вони синтезують дуже велику кількість гормонів. В роботі описані фізіологічні та біохімічні механізми роботи цих гормонів. Серед різних глюкокортикоїдів найбільш важливими є кортизол, кортизон, кортикостерон, 11-дезоксикортизол, 11-дегідрокортикостерон. Найбільш сильний фізіологічний ефект належить кортизолу. При надмірному або тривалому стресі, організм реагує пригніченням імунітету, посиленням запалення та недостатністю надниркових залоз, яка має 4 стадії. А от втома надниркових – це стан, коли надниркові залози досягли стану виснаження.

Існує певна інформація та дослідження, які вивчали вплив різних видів спорту на стан наднирників у спортсменів. Важливо враховувати, що реакція організму може варіювати в залежності від індивідуальних характеристик, тренувальних програм та інших факторів. Так, у спортсменів, які займаються бігом, велоспортом, плаванням на великі дистанції, спостерігається підвищена активація наднирників через тривалу та інтенсивну фізичну активність. Гормональна відповідь може включати збільшення кортизолу. У спортсменів, які займаються силовими видами може відзначатися підвищення рівнів тестостерону під час тренувань. У спортсменів, що займаються командними видами спорту, може спостерігатися реакція наднирників на стресові ситуації під час змагань та тренувань, зокрема збільшення вироблення адреналіну.

Є і індивідуальні особливості та рівень тренувань, які можуть впливати на гормональні відповіді. Наприклад, високий рівень тривалості тренувань або низький рівень відновлення можуть впливати на баланс гормонів.

Щоб зрозуміти, чи спортсмен перетреновується, фахівці радять проводити лабораторні дослідження. Зокрема, – вимірювати рівень кортизолу.

Також можна вимірювати частоту серцевих скорочень. Ознаками пере тренованості є також: біль у м’язах, часті інфекційні захворювання, зниження працездатності, сповільнене відновлення, низький апетит, дратівливість та ін.

Найкращим способом уникнення втоми надниркових залоз є підтримання фізичних вправ в межах допустимої зони.

Щоб позбутися від втоми надниркових залоз, яка виникає у спортсменів, необхідно працювати зі стресом, а також дотримуватись дієти. Однією з головних цілей дієти від втоми надниркових залоз є підтримка стабільного рівня цукру в крові. Це пояснюється тим, що наднирники виробляють гормон стресу кортизол, який бере участь у регуляції рівня глюкози в крові. Найкращими продуктами для здоров’я надниркових залоз є: високоякісний білок, здорові жири, різнокольорові овочі, цільні зерна без глютену, фрукти з низьким вмістом цукру, морська сіль, ферментовані продукти, вітамін С, вітаміни групи В, магній, фосфатидилхолін та ін. Не варто вживати алкоголь, кофеїн, газовану воду, цукерки та ін. Має значення харчовий раціон, харчовий режим, свідоме ставлення до тіла, фізичного навантаження та харчування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ТА ДЖЕРЕЛ

1. Бабак С.В., Йовенко Ю.О. Роль гормонів в адаптації організму до фізичних навантажень. Міжнародна науково-практична конференція «Адаптаційні та психфізіологічні проблеми фізичної культури і спорту» Київ-Черкаси, 7-8 грудня 2023. С. 144-145.
2. Вікова анатомія і фізіологія наднирників. – URL: <http://ni.biz.ua/4/4_13/4_133499_vozrastnaya-anatomiya-i-fiziologiya-nadpochechnikov.html>
3. Гормони надниркових залоз. – URL: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/570829/mod\_resource/content/2/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F%203.pdf
4. Мюррей Майкл. Надниркові залози: втома від стресу + корисні продукти та добавки. 10.2023. – URL: <https://ua.iherb.com/blog/natural-approaches-to-adrenal-fatigue/223>
5. Наднирники. – URL: <http://ibib.ltd.ua/nadnirniki-fiziologiya-lyudini-i-tvarin.html>
6. На ці 10 ознак надниркової втоми люди просто не звертають увагу. 7.09.2019. – URL: https://ukr.media/medicine/400923/
7. Топ 5 добавок для здоров’я надниркових залоз при стресі. – URL: <https://shop.anti-aging.ua/ua/top-5-dobavok-dlia-zdorovia-nadpochechnykov/>
8. Трач В.М., Сибіль М.Г., Гложик І.З. Гомеостазуюча роль симпато-адреналоваї системи в процесі адаптації до спортивних навантажень. 2018. – URL: https://repository.ldufk.edu.ua/bitst
9. Тренуєтесь, а вага не змінюється? – URL: https://explainer.ua/trenuyetes-a-vaga-ne-zminyuyetsya-chomu-tak/
10. Фізіологія ендокринної регуляції функцій. – URL: <https://repository.ldufk.edu.ua/bitstream/34606048/22496/1.pdf>
11. Як перетренування та надмірна втрата ваги впливають на жіноче здоров’я. – URL: https://life.liga.net/poyasnennya/article/kak-peretrenirovki-i-chrezmernaya-poterya-vesa-vliyayut-na-jenskoe-zdorove-rasskazyvaet-vrach
12. Ackerman KE, Holtzman B, Cooper KM, Flynn EF, Bruinvels G, Tenforde AS, Popp KL, Simpkin AJ, Parziale AL. Low energy availability surrogates correlate with health and performance consequences of Relative Energy Deficiency in Sport. Br J Sports Med. 2019 May;53(10):628-633. doi: 10.1136/bjsports-2017-098958
13. Adrenal Fatigue Diet: The Best Foods to Nourish Your Adrenals. – URL: https://drcindyjakubiec.com/adrenal-fatigue-diet-the-best-foods-to-nourish-your-adrenals/
14. Aggarwal VR, Macfarlane GJ, Tajar A, Mulvey MR, Power A, Ray D, McBeth J. Functioning of the hypothalamic-pituitary-adrenal and growth hormone axes in frequently unexplained disorders: results of a population study. Eur J Pain. 2014;18(3):447–54.
15. Ashley Soren, Pearson Joel. When more equals less: overtraining inhibits perceptual learning owing to lack of wakeful consolidation. Proc Biol Sci. 2012 Oct 22;279(1745):4143-7. doi: 10.1098/rspb.2012.1423
16. Badrick Ellena, Bobak Martin, Britton Annie, Kirschbaum Clemens, Marmot Michael, Kumari Meena. The Relationship between Alcohol Consumption and Cortisol Secretion in an Aging Cohort. J Clin Endocrinol Metab. 2008 Mar; 93(3): 750–757. doi: 10.1210/jc.2007-0737
17. Baschetti R. Chronic fatigue syndrome, exercise, cortisol and lymphadenopathy. J Intern Med. 2005 Sep;258(3):291-2. doi: 10.1111/j.1365-2796.2005.01526.x
18. Cadegiani Flavio A., Kater Claudio E. Adrenal fatigue does not exist: a systematic review. BMC Endocr Disord. 2016; 16(1): 48. doi: 10.1186/s12902-016-0128-4
19. Cerullo MA. Expect psychiatric side effects from corticosteroid use in the elderly. Geriatrics. 2008;63(1):15–8.
20. Coon J Thompson, Boddy K, Stein K, Whear R, Barton J, Depledge M H. Does participating in physical activity in outdoor natural environments have a greater effect on physical and mental wellbeing than physical activity indoors? A systematic review. Environ Sci Technol. 2011 Mar 1;45(5):1761-72. doi: 10.1021/es102947t
21. Das Deepanwita, Sen Chaitali, Goswami Anupam. Effect of Vitamin C on adrenal suppression by etomidate induction in patients undergoing cardiac surgery: A randomized controlled trial. Ann Card Anaesth. 2016 Jul-Sep;19(3):410-7. doi: 10.4103/0971-9784.185522
22. De la Fuente Mónica. Role of the immune system in agingPapel Del Sistema Inmunitario En El Envejecimiento. Inmunología. 2008;27(4);176-191. <https://doi.org/10.1016/S0213-9626(08)70066-0>
23. Evans NA. [Current concepts in anabolic-androgenic steroids.](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14977687/) Am J Sports Med. 2004 Mar;32(2):534-42. doi: 10.1177/0363546503262202
24. Fagerberg P. Negative Consequences of Low Energy Availability in Natural Male Bodybuilding: A Review. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2018 Jul 1;28(4):385-402. doi: 10.1123/ijsnem.2016-0332
25. Gaffey Allison E., Bergeman C.S., Clark Lee Anna, Wirth Michelle M. Aging and the HPA axis: Stress and resilience in older adults. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2016;68:928-945. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.05.036>
26. Gupta A, Gupta Y. Glucocorticoid-induced myopathy: Pathophysiology, diagnosis, and treatment. Indian J Endocrinol Metab. 2013;17(5):913–6.
27. Hackney AC. [Endurance exercise training and reproductive endocrine dysfunction in men: alterations in the hypothalamic-pituitary-testicular axis.](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11254889/) Curr Pharm Des. 2001 Mar;7(4):261-73. doi: 10.2174/1381612013398103
28. Hackney AC, Lane AR. Exercise and the Regulation of Endocrine Hormones. Prog Mol Biol Transl Sci. 2015;135:293-311. doi: 10.1016/bs.pmbts.2015.07.001
29. Hannibal Kara E., Bishop Mark D. Chronic Stress, Cortisol Dysfunction, and Pain: A Psychoneuroendocrine Rationale for Stress Management in Pain Rehabilitation. Phys Ther. 2014 Dec;94(12):1816–1825. doi: 10.2522/ptj.20130597
30. Hartgens Fred, Kuipers Harm. Effects of androgenic-anabolic steroids in athletes. Sports Med. 2004;34(8):513-54. doi: 10.2165/00007256-200434080-00003
31. Hawley Christopher J, Schoene Robert B. Overtraining syndrome: a guide to diagnosis, treatment, and prevention. Phys Sportsmed. 2003 Jun;31(6):25-31. doi: 10.3810/psm.2003.06.396
32. Heikura IA, Uusitalo ALT, Stellingwerff T, Bergland D, Mero AA, Burke LM. Low Energy Availability Is Difficult to Assess but Outcomes Have Large Impact on Bone Injury Rates in Elite Distance Athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2018 Jul 1;28(4):403-411. doi: 10.1123/ijsnem.2017-0313
33. Jäger Ralf, Purpura Martin, Kingsley Michael. Phospholipids and sports performance. J Int Soc Sports Nutr. 2007; 4: 5.. doi: 10.1186/1550-2783-4-5
34. Kanczkowski Waldemar, Sue Mariko, Zacharowski Kai, Reincke Martin, Bornstein Stefan R. The role of adrenal gland microenvironment in the HPA axis function and dysfunction during sepsis. Molecular and Cellular Endocrinology. 2015;408:241-248. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2014.12.019>
35. Kellmann M Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. Scand J Med Sci Sports. 2010 Oct:20 Suppl 2:95-102. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01192.x.
36. Klaassen EB, de Groot RH, Evers EA, Nicolson NA, Veltman DJ, Jolles J. Cortisol and induced cognitive fatigue: effects on memory activation in healthy males. Biol Psychol. 2013;94(1):167–74.
37. Kreher Jeffrey B. Diagnosis and prevention of overtraining syndrome: an opinion on education strategies. Open Access J Sports Med. 2016; 7: 115–122. doi: 10.2147/OAJSM.S91657
38. Kreher Jeffrey B., Schwartz Jennifer B. Overtraining syndrome: a practical guide. Sports Health. 2012 Mar;4(2):128-38. doi: 10.1177/1941738111434406
39. Logue DM, Madigan SM, Melin A, Delahunt E, Heinen M, Donnell SM, 1et al. [Low Energy Availability in Athletes 2020: An Updated Narrative Review of Prevalence, Risk, Within-Day Energy Balance, Knowledge, and Impact on Sports Performance.](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32245088/) Nutrients. 2020 Mar 20;12(3):835. doi: 10.3390/nu12030835
40. McLennan SN, Ihle A, Steudte-Schmiedgen S, Kirschbaum C, Kliegel M. Hair cortisol and cognitive performance in working age adults. Psychoneuroendocrinology. 2016;67:100–3.
41. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Ackerman KE, Blauwet C, Constantini N. et al. [International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update.](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29771168/) Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2018 Jul 1;28(4):316-331. doi: 10.1123/ijsnem.2018-0136
42. Nair Betina B., Aung Zin Khant, Porteous Robert, Prescott Melanie, Glendining Kelly A., Jenkins Danielle E. et al. Impact of chronic variable stress on neuroendocrine hypothalamus and pituitary in male and female C57BL/6J mice. J Neuroendocrinol. 2021 May;33(5):e12972. doi: 10.1111/jne.12972
43. Natural Adrenal Support For Athletes. URl: <https://wildcraftmedicine.com/natural-adrenal-support-for-athletes/>
44. Nielsen F H, Lukaski H C. Update on the relationship between magnesium and exercise. Magnes Res. 2006 Sep;19(3):180-9.
45. Nieman David C. Marathon training and immune function. Sports Med. 2007;37(4-5):412-5. doi: 10.2165/00007256-200737040-00036
46. Oosterholt BG, Maes JH, Van der Linden D, Verbraak MJ, Kompier MA. Burnout and cortisol: Evidence for a lower cortisol awakening response in both clinical and non-clinical burnout. J Psychosom Res. 2015;78(5):445–51.
47. Oray M, Abu Samra K, Ebrahimiadib N, Meese H, Foster CS. Long-term side effects of glucocorticoids. Expert Opin Drug Saf. 2016;15(4):457–65.
48. Pickering Gisèle, Mazur André, Trousselard Marion, Bienkowski Przemyslaw, Yaltsewa Natalia, Amessou Mohamed et al. Magnesium Status and Stress: The Vicious Circle Concept Revisited. Nutrients. 2020 Dec; 12(12): 3672.. doi: 10.3390/nu12123672
49. Pignatti Emanuele, Leng Sining, Carlone Diana L, Breault David T. Regulation of zonation and homeostasis in the adrenal cortex. Molecular and Cellular Endocrinology. 2017;441:146-155. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2016.09.003>
50. Polsky Lilian R., Rentscher Kelly E., Carroll Judith E. Stress-induced biological aging: A review and guide for research priorities. Brain, Behavior, and Immunity. 2022;104:97-109. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2022.05.016>
51. Powell DJ, Liossi C, Moss-Morris R, Schlotz W. Unstimulated cortisol secretory activity in everyday life and its relationship with fatigue and chronic fatigue syndrome: a systematic review and subset meta-analysis. Psychoneuroendocrinology. 2013;38(11):2405–22.
52. Powell DJ, Moss-Morris R, Liossi C, Schlotz W. Circadian cortisol and fatigue severity in relapsing-remitting multiple sclerosis. Psychoneuroendocrinology. 2015;56:120–31.
53. Pranjić N, Nuhbegović S, Brekalo-Lazarević S, Kurtić A. Is adrenal exhaustion synonym of syndrome burnout at workplace? Coll Antropol. 2012;36(3):911–9.
54. Rachdaoui Nadia, Sarkar Dipak K. Effects of Alcohol on the Endocrine System. Endocrinol Metab Clin North Am. 2013 Sep; 42(3): 593–615. doi: 10.1016/j.ecl.2013.05.008
55. Ryan R, Booth S, Spathis A, Mollart S, Clow A. Use of Salivary Diurnal Cortisol as an Outcome Measure in Randomised Controlled Trials: a Systematic Review. Ann Behav Med. 2016;50(2):210–36.
56. Schmidt ME, Semik J, Habermann N, Wiskemann J, Ulrich CM, Steindof K. Cancer-related shows a stable association with diurnal cortisol dysregulation in breast cancer patients. Brain Behav Immun. 2016;52:98–105.
57. Segerstrom Suzanne C., Miller Gregory E. Psychological Stress and the Human Immune System: A Meta-Analytic Study of 30 Years of Inquiry. Psychol Bull. 2004; 130(4):601–630. doi: 10.1037/0033-2909.130.4.601
58. Shona L Halson, Asker E Jeukendrup. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. Sports Med. 2004;34(14):967-81. doi: 10.2165/00007256-200434140-00003
59. Sjörs A, Jonsdottir IH. No alterations in diurnal cortisol profiles before and during the treatment in patients with stress-related exhaustion. Int J Occup Med Environ Health. 2015;28(1):120–9.
60. Sjörs A, Ljung T, Jonsdottir IH. Long-term follow-up of cortisol awakening response in patients treated for stress-related exhaustion. BMJ Open. 2012;2:e001091.
61. Smyth N, Thorn L, Hucklebridge F, Evans P, Clow A. Detailed time course of the cortisol awakening response in healthy participants. Psychoneuroendocrinology. 2015;62:200–3.
62. Stachowicz Marta, Lebiedzińska Anna. The effect of diet components on the level of cortisol. European Food Research & Technology, 2016;42 (12):2001.
63. Stalder T, Kirschbaum C, Kudielka BM, Adam EK, Pruessner JC, Wust S, et al. Assessment of the cortisol awakening response: Expert consensus guidelines. Psychoneuroendocrinology. 2016;63:414–32.
64. Stamou Maria I., Colling Caitlin, Dichtel Laura E. Adrenal aging and its effects on the stress response and immunosenescence. Maturitas. 2023;168:13-19. https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2022.10.006
65. Sveinsdottir V, Eriksen HR, Ursin H, Hansen ÅM, Harris A. Cortisol, Health, and Coping in Patients with Nonspecific Low Back Pain. Appl Psychophysiol Biofeedback. 2016;41(1):9–16.
66. Tseilikman Vadim, Komelkova Maria, Kondashevskaya Marina V., Manukhina Eugenia, Downey H. Fred, Chereshnev Valerii. A Rat Model of Post-Traumatic Stress Syndrome Causes Phenotype-Associated Morphological Changes and Hypofunction of the Adrenal Gland. Int. J. Mol. Sci. 2021, 22(24), 13235; https://doi.org/10.3390/ijms222413235
67. Valle S, Carpentier E, Vu B, Tsutsui K, Deviche P. [Food restriction negatively affects multiple levels of the reproductive axis in male house finches, Haemorhous mexicanus.](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26139662/) J Exp Biol. 2015 Sep;218(Pt 17):2694-704. doi: 10.1242/jeb.123323
68. Whittier X, Saag KG. Glucocorticoid-induced Osteoporosis. Rheum Dis Clin North Am. 2016;42(1):177–89.
69. Williams Melvin H. Dietary Supplements and Sports Performance: Introduction and Vitamins. J Int Soc Sports Nutr. 2004; 1(2): 1–6. doi: 10.1186/1550-2783-1-2-1
70. Xiao W., Chen P., Dong J. Effects of overtraining on skeletal muscle growth and gene expression. Int J Sports Med. 2012 Oct;33(10):846-53. doi: 10.1055/s-0032-1311585
71. Xing Yewei, Lerario Antonio M., Rainey William, Hammer Gary D. Development of Adrenal Cortex Zonation. Endocrinology and Metabolism Clinics of North America. 2015;44(2):243-274. <https://doi.org/10.1016/j.ecl.2015.02.001>
72. Yiallouris Andreas, Filippou Charalampo, Themistocleous Sophia C., Menelaou Katerina, Kalodimou Vasiliki, Michaeloudes Charalambos, Johnson Elizabeth O. Chapter Eight – Aging of the adrenal gland and its impact on the stress response. Vitamins and Hormones. 2024;124:341-366. <https://doi.org/10.1016/bs.vh.2023.12.004>
73. Yiallouris Andreas, Tsioutis Constantinos, Agapidaki Eirini, Zafeiri Maria, Agouridis Aris P., Ntourakis Dimitrios, and Johnso Elizabeth O. Adrenal Aging and Its Implications on Stress Responsiveness in Humans. Front Endocrinol (Lausanne). 2019;10:54. doi: 10.3389/fendo.2019.00054