

УДК 796.011.3

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2025-1-55-63

Вікторія Анатоліївна Пастухова

Національний університет фізичного виховання і спорту України

Pastuhova_V@ukr.netORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4091-913X>

Тетяна Валеріївна Ширай

Національний університет фізичного виховання і спорту України

Tanisiraj.ukr.net@ukr.netORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-8452-9767>

ДИНАМІКА ЗМІН ВЕГЕТАТИВНОГО ІНДЕКСУ У СПОРТСМЕНІВ ПРИ ВЕСТИБУЛЯРНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Анотація. Метою даного дослідження було вивчення змін вегетативного індексу у спортсменів різного віку у відповідь на вестибулярне навантаження створене різноспрямованими лінійними прискореннями. **Результати.** Проведені дослідження виявили значні відмінності у вихідних показниках вегетативного індексу – по мірі зростання віку спортсменів роль симпатичної складової вегетативної регуляції знижується, а у осіб першого зрілого віку провідну роль починає відігравати симпатична регуляція (вегетативний індекс у підлітків дорівнює 52,3 ум.од., у юнаків – 13,7 ум.од., у спортсменів першого зрілого віку – переходить до негативних величин і становить – 1,6 ум.од.). Доведено, що під впливом активного вестибулярного навантаження у підлітків величина вегетативного індексу майже вдвічі знижувалася (на 46,2%), у юнаків – не супроводжувалося достовірними змінами вегетативного індексу, у осіб першого зрілого віку спостерігалось переключення вегетативних впливів з переважно парасимпатичних на симпатичні (вегетативний індекс зростає практично у 10 разів). Така динаміка змін протилежна до існуючої вегетативної регуляції в стані спокою організму. **Висновки.** Проведений аналіз та висунуті припущення свідчать про те, що вегетативний індекс може застосовуватися при плануванні тренувального процесу.

Ключові слова: індекс Кердо; вегетативний індекс; вестибулярне навантаження; вегетативна регуляція; гемодинаміка; спортсмени.

Постановка проблеми. Спорт представляє собою специфічний вид діяльності, спрямований на виявлення резервних та адаптивних можливостей людини. Систематичні фізичні навантаження викликають перебудову у функціонуванні, зокрема, внутрішніх систем організму, що сприймається як частина фізіологічної адаптації до фізичного навантаження. Для оцінки стану вегетативної нервової системи у спортсменів різних видів спорту при вестибулярному навантаженні застосовують індекс Кердо (ІК).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В ході численних досліджень показано, що кількісний вираз діастолічного тиску у мм рт. ст. (d) і число ударів пульсу за хвилину (p) у стані вегетативної рівноваги приблизно рівні, тобто співвідношення d/p можна прийняти за 1. На основі цієї закономірності і використовують індекс Кердо для визначення стану вегетативної нервової системи [1, 2].

ІК розраховують за формулою: $IK = (AD - d) / P$, де: ІК – індекс Кердо; AD – показник систолічного артеріального тиску; d – показник діастолічного артеріального тиску; P – частота серцевих скорочень.

При зсуві вегетативного тону у бік симпатикотонії співвідношення d/p стає меншим 1. При парасимпатикотонії співвідношення d/p стає більшим 1. Отже, позитивні значення індексу вказують на перевагу симпатичної регуляції тону судин; від'ємні – вплив вегетативної нервової системи на тонус судин. Якщо відхилення від середнього значення величини d/p

(визначають у кожному конкретному випадку до другого знаку) помножити на 100, отримаємо позитивне чи негативне ціле число – «вегетативний індекс» (V.I.). Тобто якщо $d/p = 1$, тобто співпадає з середнім значенням, то $V.I. = 0$. Якщо $d/p < 1$, то VI позитивний, якщо $d/p > 1$, V.I. негативний. Позитивні значення (або зростання V.I.) означають зсув вегетативного тону у бік симпатичного переважання, негативні (або зменшення V.I.) – в сторону парасимпатичного [3, 4].

Вегетативний індекс вираховується на основі окремо взятих показників, що інтегрують практично всі життєві функції організму, в тому числі кровообігу.

Треба вказати, що для дослідження вегетативних функцій розроблено багато методів, спрямованих на прояснення механізмів вегетативної регуляції різних життєвих процесів та фізіологічних параметрів, котрі піддаються впливу з боку нервової системи.

Визначення невирішених раніше частин загальної проблеми. Вегетативна нервова система відіграє суттєву роль у процесах адаптації організму, внаслідок чого її функціональний стан є досить мінливим. Слід зазначити, що про особливості її функціонування можна скласти достовірну уяву тільки тоді, коли дослідження проводяться багаторазово, протягом тривалого часу з частими повторними спостереженнями. Для вирішення цих завдань необхідним є такий метод, який дозволяв би реєструвати навіть відносно малі зміни вегетативної активності за допомогою простого, швидкого підходу, не впливаючи при цьому будь-яким чином на саму діяльність організму. Розповсюджені методи дослідження для таких випадків не підходять, оскільки ці методи або самі впливають на вегетативний тонус, або складні для обстежуваних. Вивчення співвідношення ДТ та ЧСС, а отже індекс Кердо та вегетативний індекс, найбільше підходять для досягнення мети [5-8].

Метою дослідження було вивчення змін вегетативного індексу у спортсменів різного віку у відповідь на вестибулярне навантаження, створене різноспрямованими лінійними прискореннями.

Методи та об'єкт дослідження.

Дослідження проводилися на базі кафедри медичної біології та спортивної дієтології Національного університету фізичного виховання і спорту України. В дослідженнях прийняли участь 34 легкоатлети (стрибуни у довжину) чоловічої статі, що мали спортивні розряди від I дорослого до МСУ. Обстежувані були розподілені на 3 вікові групи (по 10 осіб у групі) згідно із загально прийнятими ВООЗ етапами онтогенезу людини: I – підлітки 14-16 років; II – юнаки 17-20 років; III – особи першого зрілого віку 22-27 років. Всі учасники досліджень були практично здоровими, віднесені до основної медичної групи згідно висновків експертів. Усі дослідні проводили у відповідності до Конвенції Ради Європи «Про захист прав людини і людської гідності в зв'язку з застосуванням досягнень біології та медицини: Конвенція про права людини та біомедицину (ETS № 164)» від 04.04.1997 р і Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (2008 г.). Кожна особа підписувала інформовану згоду на участь у обстеженні.

Обстеження проводилися протягом змагального періоду підготовки спортсменів. Під час дослідження спортсмени отримували навантаження методом створення вестибулярного навантаження різноспрямованими лінійними прискореннями. Заміри результатів дії вестибулярного навантаження на спортсменів проводилися двічі: до навантаження (у стані спокою), після завершення дії активного (під час виконання звичних тренувальних рухів) лінійного прискорення та після сумісної дії активного і пасивного вестибулярного навантаження (за допомогою платформи – спеціальна платформа, яка дозволяла піддавати учасників лінійним прискоренням і швидко змінювати напрямок руху [9]). Останнє виконувало роль короткочасного прекодиціювання міокарду [10].

Платформа рухалася протягом 20 секунд зі швидкістю 3 м за секунду, змінюючи напрям на протилежний кожні 2 секунди. Тривалість проведення проби була обрана не випадково, а з урахуванням тренувальних навантажень спортсменів.

Статистичну обробку результатів проводили з використанням програмного забезпечення "Microsoft Excel 2003", а також «Origin 8.0». Розраховували середні значення показників (M) та похибку середнього (m), коефіцієнт кореляції Пірсона (r). Дані представлені як середнє

значення+похибка середнього ($M \pm m$), оскільки у відповідності до критерію Шапіро-Уїлка отримані результати вкладалися в нормальний закон розподілу [11]. Міжгрупові різниці оцінювали за критерієм t Стюдента. Результати вважалися статистично значимими при $P < 0,05$.

Статистична значимість коефіцієнта кореляції r за вибіркою з n елементів визначали шляхом порівняння емпіричного та критичного значень критерію Стюдента.

Критичне значення критерію Стюдента t^* визначали за допомогою MS Excel: функція СТЮДРАСПОБР (α ; df), де α – рівень значимості, df – число ступенів свободи ($df = n - 2$). Формула для визначення емпіричного значення критерію Стюдента t :

$$t^* = r \cdot \sqrt{\frac{(n-2)}{(1-r^2)}}$$

При $t > t^*$ r визнається статистично значимим. Отже, оцінювали силу зв'язку між показниками, вважаючи значення коефіцієнтів $\leq 0,3$, показниками слабого зв'язку, або його відсутності; значення $> 0,4$, проте $< 0,7$ – показниками помірного зв'язку, а значення $\geq 0,7$ – показниками високого ступеня зв'язку [11,12].

Результати дослідження та обговорення. Отримані нами результати з оцінки функції вегетативної нервової системи виявили наступне. Як вказувалося вище, зростання V.I. означає зсув вегетативного тону у бік симпатичного переважання, зменшення V.I. – в сторону парасимпатичного.

З отриманих результатів видно, що вплив різноспрямованих вестибулярних навантажень в активному та сумісному активному та пасивному режимах справляє на вегетативний тонус (а отже, на вегетативні функції) різний вплив, в залежності від віку спортсменів (Рис. 1).

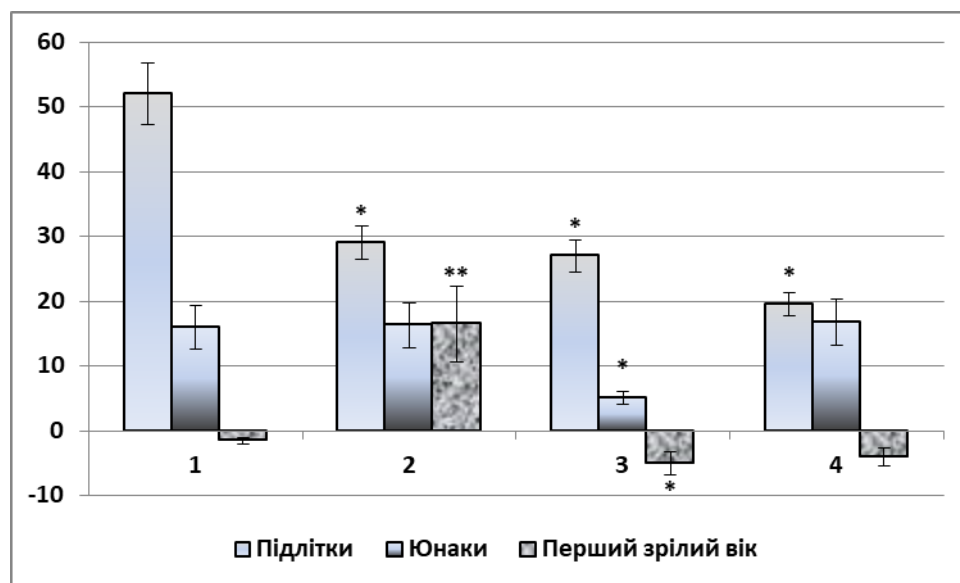


Рисунок 1 - Зміни «вегетативного індексу» при вестибулярних навантаженнях та у ближньому відновлювальному періоді. 1 – стан спокою, 2 – активне вестибулярне навантаження, 3 – додаткове пасивне вестибулярне навантаження, 4 – відновлення, * - $p < 0,05$ порівняно з контролем; ** - $p < 0,01$ порівняно з контролем.

Слід відмітити, що встановлено значні відмінності у вихідних показниках V.I. По мірі зростання віку спортсменів роль симпатичної складової вегетативної регуляції знижується, а у осіб першого зрілого віку провідну роль починає відігравати симпатична регуляція (V.I. у підлітків дорівнює 52,3 ум.од., у юнаків – 13,7 ум.од., у спортсменів першого зрілого віку – переходить до негативних величин і становить -1,6 ум.од.).

При активному різноспрямованому вестибулярному навантаженні, тобто практично в умовах традиційного тренування, відбувалися такі зміни V.I., котрі свідчили про перерозподіл

вегетативних впливів на організм, які також суттєво залежали від віку спортсменів. У підлітків величина V.I. майже вдвічі знижувалася (на 46,2%), у юнаків активне вестибулярне навантаження не супроводжувалося достовірними змінами V.I., у осіб першого зрілого віку при даному впливі спостерігалось переключення вегетативних впливів з переважно парасимпатичних на симпатичні (V.I. зростав практично у 10 разів). Така динаміка змін виявилася протилежною до існуючої вегетативної регуляції в стані спокою організму.

Поєднаний вплив активного і пасивного вестибулярних навантажень змінює V.I. також по-різному у відповідності до віку спортсменів. У підлітків не відбувалося достовірних змін V.I. відносно визначених при попередньому впливі. У юнаків V.I. достовірно (у 2,4 рази) знижувався відносно контрольних значень. У осіб першого зрілого віку V.I. знижувався до величин, навіть нижчих, ніж у стані спокою (у 2,8 рази).

У близькому відновлювальному періоді у юнаків та осіб першого зрілого віку величина V.I. поверталася до притаманних стану спокою. В молодшій віковій групі спортсменів V.I. достовірно не змінювався відносно визначеного при обох типах вестибулярних навантажень. Тобто у молодому віці пасивне вестибулярне навантаження проявляється найбільше, зберігається довше і створює умови для підвищення ефективності тренувального процесу за рахунок зростання парасимпатичної регуляції, на нашу думку, завдяки посиленню енергетичного метаболізму.

Якщо згадати, що індекс Кердо та, відповідно, «вегетативний індекс» визначаються та пов'язані з діяльністю серцево-судинної системи (ССС), має сенс оцінити, наскільки V.I. корелював з основними, дослідженими нами, показниками гемодинаміки і стану судинного русла, тобто з'ясувати наскільки вегетативна регуляція у різному віці справляє на них вплив як така та при вестибулярних навантаженнях, що може мати значення у плануванні та проведенні тренувального процесу спортсменів-легкоатлетів різного віку та ступеня тренуваності (Рис. 2а-в).

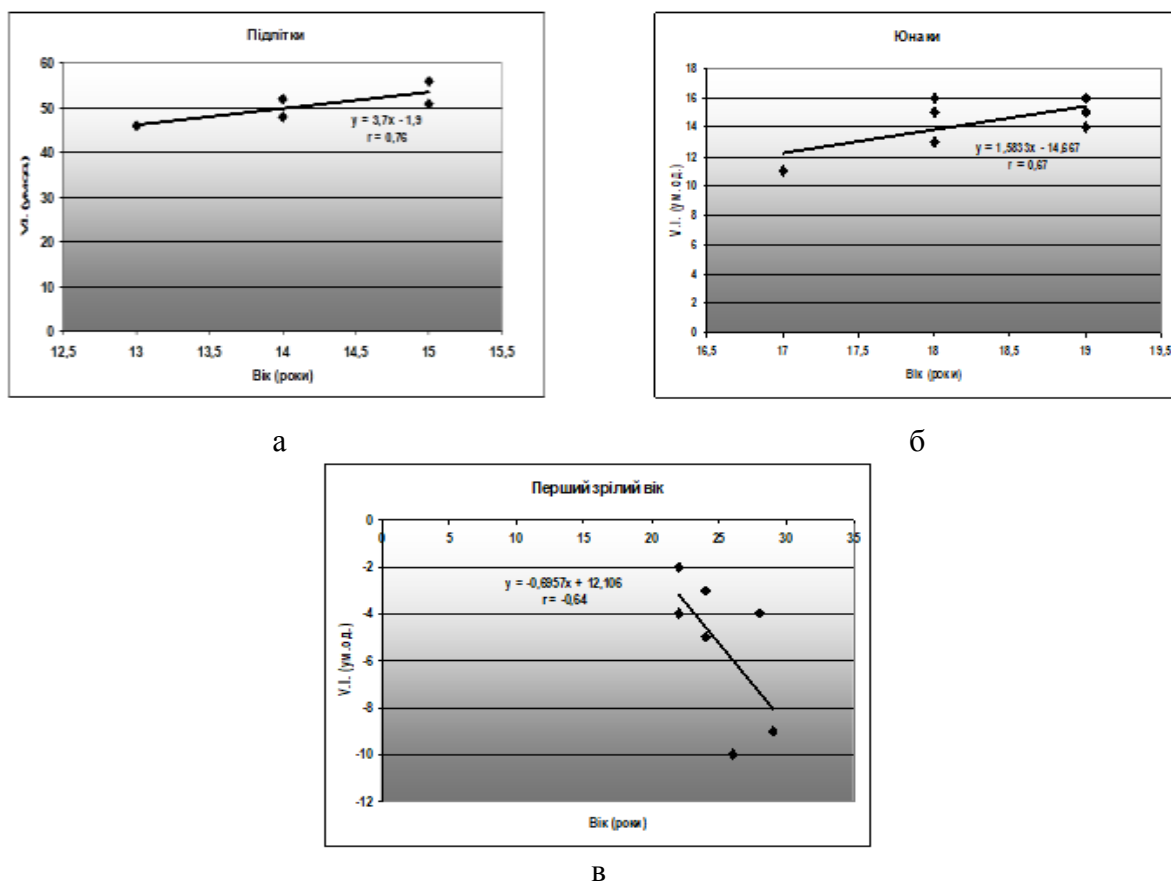


Рисунок 3.9. Зв'язок «вегетативного індексу» з віком спортсменів-легкоатлетів у стані спокою (r – коефіцієнт кореляції Пірсона).

Отримані результати вказують на високий ступінь зв'язку «вегетативного індексу» з віком спортсменів-легкоатлетів у стані спокою (для підлітків – $r = 0,76$; для юнаків – $r = 0,67$; для осіб першого зрілого віку – $r = -0,64$). Слід нагадати, що значення коефіцієнтів кореляції (r) $\leq 0,3$ є показниками слабкого зв'язку, або його відсутності; значення $> 0,4$, проте $< 0,7$ – показниками помірного зв'язку, а значення $\geq 0,7$ – показниками високого ступеня зв'язку.

Згідно з отриманими нами даними, найбільш тісні кореляційні зв'язки V.I. з параметрами, що характеризують функцію ССС (наприклад, частота серцевих скорочень, артеріальні тиски, хвилинний об'єм крові, периферичний опір судин тощо) у стані спокою спостерігаються у підлітків, і кількість r , які вказують саме на тісний зв'язок (та суми коефіцієнтів, що відповідають тісному та середньому ступеню зв'язку), зменшується з віком. Така динаміка цілком зрозуміла, оскільки в молодшому віці, відповідно до формування гормонального дзеркала, гуморальна регуляція є недосконалою.

При активному вестибулярному навантаженні ступінь тісного зв'язку V.I. з параметрами функції ССС зростає у підлітків та юнаків, проте повністю зникає у старшій віковій групі. Проте, якщо поєднати коефіцієнти тісного та середнього ступеня зв'язку, то кількість вегетативних ефектів значно збільшувалася в усіх вікових групах.

При сумісному впливі активного та пасивного вестибулярного навантаження подібна динаміка кореляційних зв'язків зберігалася за винятком того, що потужність кореляції за показником тісного ступеня зв'язку у спортсменів першого зрілого віку суттєво зростала. Відновний період характеризувався тим, що підвищений рівень кореляційних зв'язків відносно вихідного стану спокою зберігався.

Можна проаналізувати отримані результати. Активізація симпатичної нервової системи вказує на високу активність в організмі процесів з витрачанням енергії – проявляється її ерготропна дія [13,14]. Симпатична регуляція призводить до загального підвищення активності організму і сприяє формуванню стану готовності до активних дій, у тому числі й до активної м'язової роботи [15]. Така вікова динаміка зміни V.I. цілком зрозуміла, оскільки у організмі, що розвивається, перебіг енергоємних процесів є більш інтенсивним і необхідним для формування адаптивних реакцій будь-якої спрямованості [16,17]. Парасимпатична регуляція в основному забезпечує зниження енергетичного обміну, відновлення «запасів енергії», гальмування, сповільнення і нормалізацію функціонування систем організму [18,19]. Цілком зрозуміло, що з віком функції саме цієї ланки регуляції набувають більшого значення.

Ряд дослідників вважає [20,21], що V.I. > 10 відповідає нормальному стану адаптації, V.I. від 0 до 9 – відповідає напруженню адаптації, V.I. < 0 є свідченням дезадаптації. Можна припустити, що від'ємні значення V.I. у високотренованих спортсменів вказують на певну виснаженість адаптації ССС і необхідність підвищення потужності адаптивних процесів.

Поряд з цим існує і протилежна думка [22-24], згідно з якою зростання «вегетативного індексу» Кердо вказує на ослаблення резервних функцій регулювання кровообігу, а це веде до зниження аеробних можливостей організму, а його додатне значення означає - посилення симпатичного тону. Від'ємне значення ІК вказує на перевагу у досліджуваних групах парасимпатичних впливів. Достовірне його зростання у негативну сторону свідчить про посилення резервів функції регулювання кровообігу і веде до зростання аеробних можливостей організму. Ми схильні підтримувати останню думку, оскільки отримані свідчать про адекватний механізм пристосування організму до навантаження і у осіб першого зрілого віку.

Вплив вестибулярних навантажень в активному та сумісному активному та пасивному режимах справляє на вегетативний тонус (а отже, на вегетативні функції) різний вплив, залежний від віку спортсменів. Можна вважати, що у високотренованого організму при звичному тренувальному процесі (а отже, звичному для спортсменів-легкоатлетів, стрибунів у довжину, вестибулярному навантаженні) відбувається нагальне включення сформованих

адаптивних механізмів, спрямованих на підвищення активності організму і мобілізації стану готовності до активних дій, у тому числі й до м'язової роботи [25-27].

У молодому віці пасивне вестибулярне навантаження справляє найвиразніший вплив, зберігається довше і створює умови для підвищення ефективності тренувального процесу за рахунок зростання парасимпатичної регуляції, на нашу думку, спрямованої, у першу чергу, на посилення енергетичного метаболізму. Подібні зміни можна розглядати у наступному сенсі. Для підлітків вестибулярні навантаження є адекватним та ефективним подразником, спрямованим на посилення та оптимізацію енергетичного метаболізму, необхідного на виконання м'язової роботи та підвищення працездатності. У юнаків додаткове пасивне вестибулярне навантаження і у даному випадку відіграло роль прекодируючого фактору, додаючи до існуючої тренуваності фактори необхідності та можливості посилення енергетичного метаболізму (що може сприяти зростанню працездатності організму при м'язовій діяльності) і, можливо, зменшення збудливості та перенапруження нервової системи в тренувальному періоді. У осіб найстаршої вікової групи спрямованість зміни V.I. є аналогічною, тільки зменшення індексу було значно більшим. Отже, для високотренованих спортсменів, для яких різноспрямовані вестибулярні навантаження є частиною тренувального процесу, додаткове пасивне навантаження також має ознаки тренувального ефекту, здатного повернути вегетативні впливи до переважання парасимпатичної регуляції.

При сумісному аналізі отриманих нами та наявних в літературі [28,29] даних можна з фізіологічної точки зору пояснити механізм та причини змін V.I., розглядаючи його з точки зору енергетичних процесів в організмі, що є важливим при фізичному навантаженні в плануванні тренувального процесу. З огляду на такий підхід, симпатикотонія може розглядатися як ерготропія – спосіб роботи організму, спрямований на затрати енергії, на збільшення обміну, а парасимпатикотонія – як трофотрофія, тобто накопичення енергії, активність, спрямована на зменшення окислювальних процесів.

ЧСС та ДТ змінюються не завжди одночасно. В ході формування адаптивних реакцій факторів циркуляції у відповідності до збільшенням чи зменшенням ХОК можливість адаптації полягає у тому, що спочатку змінюється лише ЧСС. Далі ЧСС досить тривалий час залишається незмінною, проте в цей період ДТ вже починає змінюватися. Далі обидва показники будуть змінюватися одночасно у відповідний бік. Проте V.I., котрий розраховується на їх основі, виявляє помітні і постійні зміни. Зростання ХОК не завжди викликається підвищенням ЧСС (це менш економічний тип змін). У цьому випадку зростає УО (при цьому ЧСС може навіть дещо знизитися, просто зросте пульсова амплітуда). Виключаючи екстремальні випадки, приріст пульсової амплітуди обумовлюється у першу чергу зниженням ДТ, і меншою мірою зростанням систолічного тиску. Оскільки ДТ є головним фактором V.I., то він буде відображати виражені відхилення у вигляді приросту ХОК.

Подібний аналіз та висунуті припущення свідчать про те, що V.I. є достатньо достовірним показником стану вегетативної регуляції геодинаміки, і оскільки він є доступним і достатньо простим для визначення, може застосовуватися при плануванні тренувального процесу.

Висновки.

В ході дослідження виявлено значні відмінності у вихідних показниках вегетативного індексу – по мірі зростання віку спортсменів роль симпатичної складової вегетативної регуляції знижується, а у осіб першого зрілого віку провідну роль починає відігравати симпатична регуляція (вегетативний індекс у підлітків дорівнює 52,3 ум.од., у юнаків – 13,7 ум.од., у спортсменів першого зрілого віку – переходить до негативних величин і становить -1,6 ум.од.).

Доведено, що під впливом активного вестибулярного навантаження у підлітків величина вегетативного індексу майже вдвічі знижувалася (на 46,2%), у юнаків – не супроводжувалося достовірними змінами вегетативного індексу, у осіб першого зрілого віку спостерігалось переключення вегетативних впливів з переважно парасимпатичних на

симпатичні (вегетативний індекс зростає практично у 10 разів). Така динаміка змін протилежна до існуючої вегетативної регуляції в стані спокою організму.

Проведений аналіз та висунуті припущення свідчать про те, що V.I. є достатньо достовірним показником стану вегетативної регуляції геодинаміки, і оскільки він є доступним і достатньо простим для визначення, може застосовуватися при плануванні тренувального процесу.

Перспективи подальших розвідок. Подальше вивчення особливостей показників вегетативної регуляції спортсменів різних видів спорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Fisher T.A, Kolyvanova S.S, Pushnikov A.A. The dynamics of hemodynamic, psychophysiological parameters and adaptive potential of men of working age engaged in water-cold hardening. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult.* 2020. V. 97(6). P. 40-49. doi: 10.17116/kurort20209706140
2. Пастухова В. А., Ширай Т. В. Вплив вестибулярно-сенсорного навантаження на вегетативні реакції // *Вісник проблем біології та медицини.* 2024. Вип.4(175). С. 91-102. doi: 10.29254/2077-4214-2024-4-175-91-102
3. A crosscorrelation analysis of fluctuations in heart rate and breathing when diagnosing the autonomic disorders in patients with hypotonic type of functional dysphonia / Jurkov A.Y., Bahilin V.M., Shustova T.I., Alekseeva N.S. // *Zh Nevrol Psikhiatr.* 2020. 120(5). P. 60-66. doi: 10.17116/jnevro202012005160
4. Molina GE, Fontana KE, Porto LG, Junqueira LF. Post-exercise heart-rate recovery correlates to resting heart-rate variability in healthy men // *Clin Auton Res.* 2016. V.26 (6). P. 415-421.
5. Марценюк В.П., Вакуленко Д.В., Вакуленко Л.О. Інформативне значення індексу Кердо для визначення рівня порушень вегетативної регуляції при остеохондрозі шийного відділу хребта // *Медична інформатика та інженерія.* 2013. №1. С. 42-47.
6. Clinical efficacy of vibration stimulation therapy to relieve acute exercise fatigue / Xie J et al. // *Technol Health Care.* 2023. V.31(1). P. 235-246. doi: 10.3233/THC-236020
7. Heart Rate Variability Measurement through a Smart Wearable Device: Another Breakthrough for Personal Health Monitoring?/ Li K et al. // *Int J. Environ Res Public Health.* 2023. V. 20(24). P. 7146. doi: 10.3390/ijerph20247146
8. Frohlich J., Toker D., Monti M.M. Consciousness among delta waves: a paradox? // *Brain.* 2021. V.144 (8). P. 2257-2277. doi: 10.1093/brain/awab095
9. Андреюк Н. Метод створення вестибулярного навантаження та його вплив на серцево-судинну систему фехтувальників // *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.* 2018. №4. С. 133-139.
10. Мохорт М.А., Кутувий Ю.М. Препаративне лікування міокарда (огляд літератури) // *Журн. НАМН України.* 2014. Вип. 20(2). С. 160-171.
11. Осипов В.П., Лукьянова Е.М., Антипкин Ю.Г. Методика статистической обработки медицинской информации в научных исследованиях. К.: Планета людей, 2002. 200 с.
12. Хоперія В.Г., Харченко О.І., Синельник Т.Б. Клінічна лабораторна діагностика. Клінічна біохімія. К. : ВПЦ "Київський університет", 2022. 600 с.
13. Полстяной А.О., Федорченко М.О., Романюк М.Г. Сучасний науковий погляд на склад симпатичної та парасимпатичної частини вегетативної нервової системи: літературний огляд // *Молодий вчений.* 2017. №11. С. 96-99.
14. Espinosa-Medina I., Saha O., Boismoreau F. The sacral autonomic outflow is sympathetic // *Science.* 2016. V. 354(6314). P. 893-897.
15. Sympathetic regulation of coronary circulation during handgrip exercise and isolated muscle metaboreflex activation in men / Prodel E. et.al. // *Exp Physiol.* 2021. V.106 (12). P. 2400-2411. doi: 10.1113/EP089954
16. Age-dependent energy metabolism and transcriptome changes in urine-derived stem cells / Ferreira E. et al. // *Mech Ageing Dev.* 2024. №218. P. 111912. doi: 10.1016/j.mad.2024.111912
17. Ritterhoff J., Tian R. Metabolic mechanisms in physiological and pathological cardiac hypertrophy: new paradigms and challenges // *Nat Rev Cardiol.* 2023. V.20(12). P. 812-829. doi: 10.1038/s41569-023-00887-x
18. Шевчук Т.Я, Романюк А.П. Особливості вегетативної регуляції серця в спортсменів ігрових видів спорту та легкоатлетів // *Вісник Харківського нац. ун-ту імені В.Н.Каразіна. Серія: біологія.* 2016. Вип. 26. С. 187-193.
19. Da Silva V.P., de Oliveira N.A., Silveira H. Heart rate variability indexes as a marker of chronic adaptation in athletes: a systematic review // *Annals of Noninvasive Electrocardiology.* 2015. V.20 (2). P. 108-118.
20. Experience in application of the complex organism assessment in children with chronic gastroduodenal pathology / Smiyani O.I. et al. // *EUMJ.* 2020. №8. С. 52-71.
21. ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise / Laveneziana P. et al. // *Eur Respir J.* 2019. V.53(6). P. 1801214. doi: 10.1183/13993003.01214-2018
22. Воропаєв Д.С., Єжова О.О. Основи фізичної реабілітації (загальна характеристика засобів фізичної реабілітації). Суми, 2019. 72 с.

23. Lambiase M.J., Dom J., Roemmich J.M. Systolic Blood Pressure Reactivity During Submaximal Exercise and Acute Psychological Stress in Youth // *Am J Hyper-tens.* 2013. V.26 (3). P. 409-415.
24. Standardized Outcomes Measures in Physical Therapy Practice for Treatment and Rehabilitation of Cerebral Palsy: A Systematic Review. / Apolo-Arenas M.D. et al. // *J Pers Med.* 2021. V.11(7). P. 604. doi: 10.3390/jpm11070604
25. Chen C., Nakagawa S. Physical activity for cognitive health promotion: An overview of the underlying neurobiological mechanisms // *Ageing Res Rev.* 2023. №86. P. 101868. doi: 10.1016/j.arr.2023.101868
26. Heat exposure intervention, anxiety level, and multi-omic profiles: A randomized crossover study / Fang W. et al. // *Environ Int.* 2023. 181. P. 108247. doi: 10.1016/j.envint.2023.108247
27. Skeletal muscle fitness and physiology as determinants of firefighter performance and safety: a narrative review / Gordon R.A. et al. // *Ergonomics.* 2024. V.67(12). P. 1782-1792. doi: 10.1080/00140139.2024.2352719
28. Коровіна Л.Д., Запорожець Т.М., Козакевич В.К. Вплив екзогенних чинників на соматичне здоров'я та автономну нервову регуляцію у дітей та молоді. Полтава: «Інфо-освіта», 2019. 188 с.
29. Effectiveness of spinal manipulation in influencing the autonomic nervous system - a systematic review and meta-analysis / Kovanur S.K. et al. // *J Man Manip Ther.* 2024. V.32 (1). P. 10-27. doi: 10.1080/10669817.2023.2285196

REFERENCES

1. Fisher T.A., Kolyvanova S.S., Pushnikov A.A. The dynamics of hemodynamic, psychophysiological parameters and adaptive potential of men of working age engaged in water-cold hardening. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult.* 2020. V. 97(6). P. 40-49. doi: 10.17116/kurort20209706140
2. Pastukhova V. A., Shirai T. V. The influence of vestibular-sensory load on autonomic reactions // *Visnyk problem biolohiyi ta medytsyny. [Bulletin of Problems of Biology and Medicine].* 2024. V.4(175). P. 91-102. doi: 10.29254/2077-4214-2024-4-175-91-102 (in Ukr)
3. A crosscorrelation analysis of fluctuations in heart rate and breathing when diagnosing the autonomic disorders in patients with hypotonic type of functional dysphonia / Jurkov A.Y., Bahilin V.M., Shustova T.I., Alekseeva N.S. // *Zh Nevrol Psikhiatr.* 2020. 120(5). C. 60-66. doi: 10.17116/jnevro202012005160
4. Molina GE, Fontana KE, Porto LG, Junqueira LF. Post-exercise heart-rate recovery correlates to resting heart-rate variability in healthy men // *Clin Auton Res.* 2016. V.26 (6). P. 415-421.
5. Martsenyuk V.P., Vakulenko D.V., Vakulenko L.O. Informative value of the Kerdo index for determining the level of disorders of autonomic regulation in osteochondrosis of the cervical spine // *Medychna informatyka ta inzheneriya. [Medical Informatics and Engineering].* 2013. №1. P. 42-47. (in Ukr)
6. Clinical efficacy of vibration stimulation therapy to relieve acute exercise fatigue / Xie J et al. // *Technol Health Care.* 2023. V.31(1). C. 235-246. doi: 10.3233/THC-236020
7. Heart Rate Variability Measurement through a Smart Wearable Device: Another Breakthrough for Personal Health Monitoring? / Li K et al. // *Int J. Environ Res Public Health.* 2023. V. 20(24). P. 7146. doi: 10.3390/ijerph20247146
8. Frohlich J., Toker D., Monti M.M. Consciousness among delta waves: a paradox? // *Brain.* 2021. V.144 (8). C. 2257-2277. doi: 10.1093/brain/awab095
9. Andreyuk N. Method of creating vestibular load and its effect on the cardiovascular system of fencers // *Naukovyy visnyk Skhidnoyeuropeys'koho natsional'noho universytetu imeni Lesi Ukrayinky [Scientific Bulletin of the Lesya Ukrainka Eastern European National University].* 2018. №4. P. 133-139. (in Ukr)
10. Mohort M.A., Kutovyi Y.M. Myocardial preconditioning (literature review) // *Zhurnal NAMN Ukrayiny [Journal of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine].* 2014. V. 20(2). P. 160-171. (in Ukr)
11. Osypov V.P., Lukyanova E.M., Antipkin Y.G. Methods of statistical processing of medical information in scientific research. K.: Planet of people, 2002. 200 c. (in Ukr)
12. Khoperiya V.G., Kharcheko O.I., Synelnyk T.B. Clinical laboratory diagnostics. Clinical biochemistry. Kyiv: Kyiv University., 2022. 600 p. (in Ukr)
13. Polstyanoi A.O., Fedorchenko M.O., Romanyuk M.G. Modern scientific view on the composition of the sympathetic and parasympathetic parts of the autonomic nervous system: a literature review // *Molodyy vchenyy [Young Scientist].* 2017. №11. P. 96-99. (in Ukr)
14. Espinosa-Medina I., Saha O., Boismoreau F. The sacral autonomic outflow is sympathetic // *Science.* 2016. V. 354(6314). C. 893-897.
15. Sympathetic regulation of coronary circulation during handgrip exercise and isolated muscle metaboreflex activation in men / Prodel E. et.al. // *Exp Physiol.* 2021. V.106 (12). C. 2400-2411. doi: 10.1113/EP089954
16. Age-dependent energy metabolism and transcriptome changes in urine-derived stem cells / Ferreira E. et al. // *Mech Ageing Dev.* 2024. №218. C. 111912. doi: 10.1016/j.mad.2024.111912
17. Ritterhoff J., Tian R. Metabolic mechanisms in physiological and pathological cardiac hypertrophy: new paradigms and challenges // *Nat Rev Cardiol.* 2023. V.20(12). C. 812-829. doi: 10.1038/s41569-023-00887-x
18. Shevchuk T.Ya., Romanyuk A.P. Peculiarities of autonomic regulation of the heart in athletes of sports and track and field athletes // *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho univesytetu imeni V.N. Karazina [Bulletin of the V.N. Karazin Kharkiv National University].* 2016. V. 26. P. 187-193. (in Ukr)

19. Da Silva V.P., de Oliveira N.A., Silveira H. Heart rate variability indexes as a marker of chronic adaptation in athletes: a systematic review // *Annals of Noninvasive Electrocardiology*. 2015. V.20 (2). C. 108-118.
20. Experience in application of the complex organism assessment in children with chronic gastroduodenal pathology / Smiyani O.I. et al. // *EUMJ*, 2020. №8. C. 52-71.
21. ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise / Laveneziana P. et al. // *Eur Respir J*. 2019. V.53(6). C. 1801214. doi: 10.1183/13993003.01214-2018
22. Voropayev D.S., Yezhova O.O. Fundamentals of physical rehabilitation (general characteristics of physical rehabilitation tools). Sumy, 2019. 72 p. (in Ukr)
23. Lambiase M.J., Dom J., Roemmich J.M. Systolic Blood Pressure Reactivity During Submaximal Exercise and Acute Psychological Stress in Youth // *Am J Hypertens*. 2013. V.26 (3). C. 409-415.
24. Standardized Outcomes Measures in Physical Therapy Practice for Treatment and Rehabilitation of Cerebral Palsy: A Systematic Review. / Apolo-Arenas M.D. et al. // *J Pers Med*. 2021. V.11(7). C. 604. doi: 10.3390/jpm11070604
25. Chen C., Nakagawa S. Physical activity for cognitive health promotion: An overview of the underlying neurobiological mechanisms // *Ageing Res Rev*. 2023. №86. C. 101868. doi: 10.1016/j.arr.2023.101868
26. Heat exposure intervention, anxiety level, and multi-omic profiles: A randomized crossover study / Fang W. et al. // *Environ Int*. 2023. 181. C. 108247. doi: 10.1016/j.envint.2023.108247
27. Skeletal muscle fitness and physiology as determinants of firefighter performance and safety: a narrative review / Gordon R.A. et al. // *Ergonomics*. 2024. V.67(12). C. 1782-1792. doi: 10.1080/00140139.2024.2352719
28. Korovina L.D., Zaporozhets T.M., Kozakevich V.K. The influence of exogenous factors on somatic health and autonomic nervous regulation in children and youth. Poltava: "Info-Education", 2019. 188 p. (in Ukr)
29. Effectiveness of spinal manipulation in influencing the autonomic nervous system - a systematic review and meta-analysis / Kovanur S.K. et al. // *J Man Manip Ther*. 2024. V.32 (1). C. 10-27. doi: 10.1080/10669817.2023.2285196

Pastukhova V.A., Shiray T.V.

Dynamics of changes in the vegetative index in athletes during vestibular load

Summary. The autonomic nervous system plays a significant role in the body's adaptation processes. To assess its function, in particular, athletes often use the Kerdo index, which is calculated on the basis of separately taken indicators that integrate almost all vital functions of the organism. To solve this problem, such a method is necessary, which would allow registering even relatively small changes in vegetative activity with the help of a simple, quick approach, without affecting in any way the activity of the organism itself. The Kerdo index and the vegetative index are most suitable for achieving this purpose. Therefore, the purpose of this study was to study the changes in the autonomic index in athletes of different ages in response to the vestibular load created by multidirectional linear accelerations.

The conducted studies revealed significant differences in the initial indicators of the autonomic index – as the age of athletes increases, the role of the sympathetic component of autonomic regulation decreases, and in people of the first mature age, sympathetic regulation begins to play a leading role (the vegetative index in teenagers is equal to 52.3 um.units, in young men – 13.7 um.units, in athletes of the first mature age – it turns to negative values and is –1.6 um.units). It was proved that under the influence of active vestibular load, the value of the autonomic index in adolescents almost halved (by 46.2%), in young men it was not accompanied by reliable changes in the autonomic index, in persons of the first mature age there was a switching of autonomic influences from mainly parasympathetic to sympathetic (autonomic the index grew almost 10 times). Such dynamics of changes are opposite to the existing vegetative regulation in a state of rest of the organism. The conducted analysis and proposed assumptions indicate that the autonomic index is a reliable indicator of the state of autonomic regulation of hemodynamics, is available and simple enough to determine, and can be used in planning the training process.

Key words: Kerdo index; autonomic index; vestibular load; autonomic regulation; hemodynamics; athletes.

Надійшла до редакції / Received: 22.04.2025

Схвалено до друку / Accepted: 16.05.2025