

Вплив періодичних помірних горизонтальних лінійних прискорень змінного напрямку на центральну гемодинаміку

О.М. Бакуновський^{1,2,3}, К.В. Розова¹, В.А. Пастухова³, В.І. Портніченко^{1,2}, А.Г. Портніченко^{1,2}

¹Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, Київ; e-mail: erogova@ukr.net;

²Міжнародний центр астрономічних та медико-екологічних досліджень НАН України, Київ;

³Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ

Обстежено 19 спортсменів-фехтувальників чоловічої статі віком від 18 до 24 років, що мали спортивний стаж від 8 до 14 років і високу спортивну кваліфікацію в обраному виді спорту (майстри спорту і кандидати в майстри спорту). Обстежувані не мали суттєвих відмінностей у зрості і масі тіла. Лінійні горизонтальні прискорення створювали за допомогою рухомої платформи з кріслом, в якому розміщувався спортсмен. Пасивне пересування фехтувальників на платформі відповідало звичним для них параметрам пересування на фехтувальній доріжці під час спортивного поєдинку. Показано, що короткотривала дія горизонтальних помірних прискорень змінного напрямку при застосуванні функціонального тесту (ФТ) призвела до незначних, але статистично достовірних змін частоти серцевих скорочень (ЧСС), ударного об'єму (УО) та об'ємної швидкості викиду крові (ОШВ). У всіх обстежуваних зміни згаданих показників після ФТ мали такий характер: ЧСС децю знизилась, а УО і ОШВ збільшилися. Виявлено, що в осіб, для яких є звичними пересування з помірними горизонтальними лінійними прискореннями змінного напрямку, короткотривала дія подібного фактора супроводжувалася тенденцією до зменшення хвилинного об'єму кровотоку (ХОК) внаслідок зниження ЧСС. Збільшення УО і ОШВ крові можна розглядати як термінову компенсаторну реакцію, спрямовану на утримання ХОК. Таким чином, у спортсменів, багаторічна спортивна діяльність яких пов'язана з дією на організм періодичних помірних горизонтальних лінійних прискорень змінного напрямку, не формується адаптація до дії вказаного фактора.

Ключові слова: помірні прискорення змінного напрямку; функціональний тест; частота серцевих скорочень; ударний об'єм; об'ємна швидкість викиду крові.

ВСТУП

Однією з провідних проблем сучасної спортивної фізіології та медицини є підвищення рівня підготовки і результативності спортсмена, формування довготривалої адаптації до фізичних навантажень зі збереженням високої працездатності [1, 2]. Дослідженнями, проведеними в останні десятиріччя, доведено, що одним з негативних факторів, котрі призводять до обмеження працездатності, є вплив на організми вестибулярних навантажень [3]. Реакції організму на подразнення вестибулярного апарату дуже різноманітні й

охоплюють функції майже всіх органів і систем організму. Велике значення приділяється вестибулярному аналізатору в забезпеченні складнокоординованих рухів і недооцінюється його вплив на енергетичні можливості вегетативної нервової системи та на функцію серцево-судинної системи, як однієї з найбільш енерговитратних в організмі [4, 5].

Нині вивченню дії лінійних прискорень на організм людини і, зокрема, на стан гемодинаміки присвячено праці багатьох дослідників. Це питання вивчалось, переважно, в зв'язку з перевантаженнями, що виникають

© О.М. Бакуновський, К.В. Розова, В.А. Пастухова, В.І. Портніченко, А.Г. Портніченко

при польотах у космос та в авіації [6]. Дія на гемодинаміку помірних прискорень, які є в спорті, в наземному транспорті і в побуті, вкрай малодосліджена і, практично, залишається поза увагою фізіологів [7].

Метою нашого дослідження було вивчення дії короткотривалих періодичних помірних горизонтальних лінійних прискорень змінного напрямку на стан центральної гемодинаміки в осіб, звичних до вказаного фактора.

МЕТОДИКА

Характеристика групи обстежених. Для участі в дослідженні було відібрано 19 фехтувальників чоловічої статі віком 18–24 років, що мали спортивний стаж від 8 до 14 років і високу кваліфікацію в обраному виді спорту (майстри і кандидати в майстри спорту). В обстежуваних не було суттєвих відмінностей у зрості і масі тіла. Відбір мав на меті сформуванню однорідну групу осіб, для яких є звичними пересування з помірними горизонтальними лінійними прискореннями змінного напрямку. Вказаному критерію відповідають спортсмени-фехтувальники високої спортивної кваліфікації, які багато років регулярно займаються цим видом спорту. Змагальна та тренувальна діяльність у них пов'язана, зокрема, з лінійними зворотно-поступальними переміщеннями в межах фехтувальної доріжки протягом бою, який, за регламентом, може тривати до 4 хв. Таким чином, особи відібрані для участі в дослідженні були звичними до горизонтальних лінійних прискорень змінного напрямку, що зумовлювалося багаторічним спортивним вдосконаленням. Варто зазначити, що внаслідок спортивного відбору, в обстежуваних міг бути високий рівень генетично зумовленої толерантності до дії вказаного чинника.

Дослідження проведено відповідно до міжнародних норм біоетики і законодавства України. Кожен з обстежуваних отримав інформацію стосовно мети, засобів та порядку проведення дослідження і надав письмову згоду на участь у дослідженні.

Застосовані методичні підходи. Лінійні горизонтальні прискорення створювали за допомогою рухомої платформи з кріслом, в якому розміщувався спортсмен. Пасивне його пересування на платформі відповідало звичним для фехтувальників параметрам на фехтувальній доріжці під час спортивного поєдинку [8]. Платформа рухалася поряд с фехтувальною доріжкою прямолінійно на відстань 6 м протягом 2 с, після чого змінювала напрям руху на протилежний. Прискорення створювалося при розгоні та гальмуванні платформи при зміні напрямку руху. Загальний час пересування платформи був 30 с. На початку руху обстежуваний знаходився в кріслі платформи обличчям в напрямку руху платформи, а після зміни напрямку руху на протилежний – спиною.

Платформу приводили в рух фізичним зусиллям, створеним лаборантом, який пересував її, тримаючись за спинку закріпленого на ній крісла. Час пересування та часово-просторова структура руху платформи контролювали за допомогою секундоміра. Рух починався від лінії вихідної позиції спортсмена на фехтувальній доріжці [9]. Час та дистанція як розгону, так і гальмування становили 0,3 с та 1 м відповідно. При цьому виникало лінійне прискорення $3 \text{ м} \times \text{с}^{-2}$ (0,3g), що змінювало напрямок у протилежних кінцях дистанції руху платформи. Описаний вище спосіб відтворення періодичних помірних лінійних прискорень змінного напрямку, ми застосували як «пасивний» функціональний тест зі змінним лінійним прискоренням (ФТ).

Параметри центральної гемодинаміки (ЦГ) визначали за допомогою грудної тетраполярної імпедансної реоплетизмографії (ГРГ) за модифікованим методом [10] з застосуванням комп'ютерного діагностичного комплексу «РеоКом-професіонал ХАІ-Медика» (Харків, Україна). Артеріальний тиск (АТ) вимірювали за методом Короткова з застосуванням механічного тонометра.

ГРГ і АТ реєстрували одночасно безпосередньо на платформі в положенні «сидячи в

кріслі» за 10 с до початку ФТ і негайно після його завершення. Дослідження ЦГ до початку тесту розпочинали на раніше ніж через 3 хв після того як обстежуваний розмістився в кріслі. Для ГРГ використовували стрічкові електроди, які підключали до відповідних блоків реографа і розміщували на тілі спортсмена згідно з рекомендаціями виробника діагностичного комплексу «РеоКом-професіонал ХАІ-Медика» щодо реєстрації реографічних сигналів при грудній реографії [11]. Накладали електроди і проводили необхідні вимірювання за допомогою медичної сантиметрової стрічки (міжелектродна відстань, окружності грудної клітки і шиї на рівні розміщення відповідних електродів) у положенні стоячи перед тим як обстежуваний займав місце на платформі.

У контрольному дослідженні параметри ЦГ визначали двічі, як і в описаному вище, основному дослідженні. Відмінність полягала в тому, що після того як лаборант займав позицію для приведення платформи в рух, остання не переміщувалася, а обстежуваний продовжував перебувати в кріслі на платформі протягом 30 с до повторної реєстрації ГРГ та АТ. В основному і контрольному дослідженні брала участь одна й та сама група спортсменів.

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали за допомогою програми «Microsoft Excel» з обчисленням середніх значень, помилки середнього, при оцінці достовірності отриманих результатів з використанням критерію критерію *t* Стьюдента та проведенням оцінки достовірності за критерієм знаків. Подібний статистичний підхід та представлення результатів є правомірними, оскільки їх значення вкладалися в рамки нормального розподілу за критерієм Шапіро–Уїлкі [12].

РЕЗУЛЬТАТИ

З масиву параметрів, які містяться в протоколі ГРГ, було відібрано показники, що характеризують гемодинамічну відповідь на дію досліджуваного фактора. Перед прове-

денням ФТ, тобто в стані спокою, показники ГРГ, що характеризують ЦГ, у всіх обстежуваних відповідали референтним значенням для здорових осіб відповідного віку та статі і в середньому становили: частота серцевих скорочень (ЧСС) – $75,7 \pm 1,2$ хв⁻¹, ударний об'єм (УО) – $58,3 \pm 1,2$ мл, хвилинний об'єм кровотоку (ХОК) – $4413,3 \pm 14,1$ мл·хв⁻¹, об'ємна швидкість викиду крові (ОШВ) – $221,8 \pm 1,2$ мл·с⁻¹, систолічний АТ (САТ) – $113,4 \pm 2,1$ мм рт. ст., діастолічний АТ (ДАТ) – $74,1 \pm 1,2$ мм рт. ст., середній динамічний АТ (СрАТ) – $87,0 \pm 0,8$ мм рт. ст., показник тону артерій (ПТА) – $21,1 \pm 1,1\%$, показник тону артерій розподілу (ПТАР) – $1,46 \pm 0,04$ ум. од., загальний периферичний опір судин (ЗПО) – 1473 ± 12 дин·с·см⁻⁵.

У табл. 1 наведено динаміку показників ЦГ в основному дослідженні, оскільки вони спостерігалися тільки у відповідь на ФТ. У контрольному дослідженні значення зареєстрованих показників ГРГ на початку та в кінці перебування обстежуваних на платформі не відрізнялися, за винятком того, що в частини спортсменів ЧСС зросла на 1-2 хв⁻¹. Це, ймовірно, могло бути викликане емоцією очікування. В основному дослідженні у всіх обстежуваних зміни показників ЦГ мали односпрямований характер: у відповідь на дію короткотривалих помірних прискорень змінного напрямку спостерігалась тенденція ($0,1 < P < 0,2$) до зменшення ХОК (у середньому на 16 ± 3 мл·хв⁻¹) при незначних, але статистично достовірному зниженні ЧСС ($8,9 \pm 1,1$ хв⁻¹) і збільшенні УО ($7,1 \pm 0,9$ мл) та ОШВ ($7,4 \pm 1,2$ мл·с⁻¹). Також спостерігалися тенденції ($0,1 < P < 0,2$) до підвищення САТ і СрАТ та зростання ЗПО. Значення ДАТ, ПТА і ПТАР після ФТ не змінилися.

Методика реєстрації ГРГ за допомогою діагностичного комплексу «РеоКом-професіонал ХАІ-Медика» передбачає синхронну реєстрацію фонокардіограми з проведенням фазового аналізу систоли. В табл. 2 наведено результати змін тривалості фаз серцевого циклу під впливом помірних горизонтальних

Таблиця 1. Зміна показників центральної гемодинаміки під впливом помірних горизонтальних лінійних прискорень змінного напрямку

Показники	Контроль	Перед функціональним тестом	Після функціонального тесту
Частота серцевих скорочень, хв ⁻¹	75,8 ± 1,5	75,7 ± 1,2	66,8 ± 1,3*,**
Ударний об'єм, мл	58,3 ± 1,4	58,3 ± 1,2	65,4 ± 0,9*,**
Хвилинний об'єм кровотоку, мл/хв	4419,1 ± 11,4	4413,3 ± 14,1	4397,1 ± 10,2
Об'ємна швидкість викиду, мл/с	221,8 ± 0,7	221,8 ± 1,2	229,2 ± 0,8*
Систолічний артеріальний тиск, мм рт. ст.	113,6 ± 2,2	113,4 ± 2,1	117,3 ± 1,8
Діастолічний артеріальний тиск, мм рт. ст.	74,1 ± 1,4	74,1 ± 1,2	74,0 ± 0,9
Середній динамічний артеріальний тиск, мм рт. ст.	87,1 ± 0,7	87,0 ± 0,8	88,6 ± 0,8
Тонус артерій, %	21,1 ± 0,9	21,1 ± 1,1	21,1 ± 1,3
Показник тону артерій розподілу, ум.од.	1,46 ± 0,07	1,46 ± 0,04	1,46 ± 0,08
Загальний периферичний опір судин, дин·с/см ⁵	1473 ± 14	1473 ± 12	1490 ± 18

Примітка: тут і в табл. 2 *P < 0,05 щодо значень відповідного показника перед тестом, **P < 0,05 щодо контролю

лінійних прискорень змінного напрямку. Слід відмітити, що вона подовжувалася внаслідок збільшення часу діастолі, а тривалість систоли та її фаз залишилися без змін.

ОБГОВОРЕННЯ

Виявлено, що у осіб, для яких є звичними пересування з помірними горизонтальними

лінійними прискореннями (3 м·с⁻²) змінного напрямку, короткотривала їх дія (30 с) викликає помірне (8,9 ± 1,1 хв⁻¹) зниження ЧСС. Застосований в нашому дослідженні ФТ призводив до зниження ЧСС на 11,8% (рисунок).

Відомо, що рецепція горизонтальних лінійних прискорень здійснюється отолітовим апаратом маточки. За допомогою вестибулярного нерва інформація з рецептора надходить

Таблиця 2. Зміна тривалості фаз серцевого циклу під впливом помірних лінійних прискорень змінного напрямку

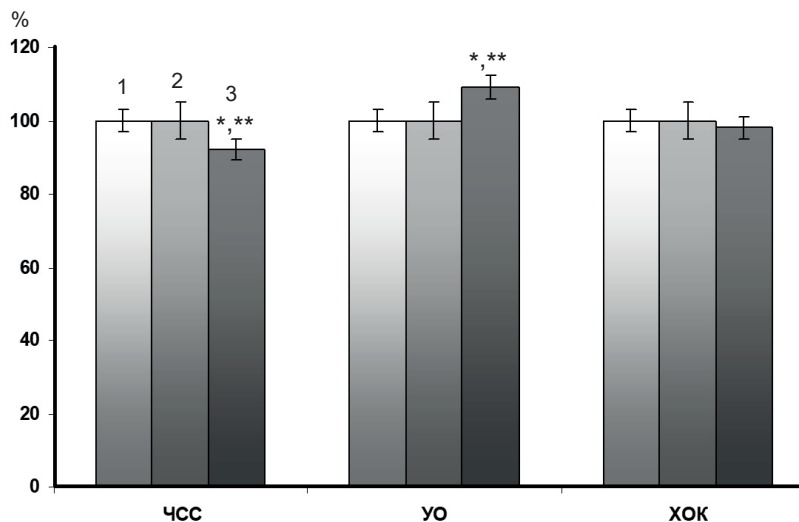
Показники	Контроль	Перед функціональним тестом	Після функціонального тесту
Тривалість			
серцевого циклу, с	0,76 ± 0,01	0,76 ± 0,01	0,80 ± 0,01*,**
діастолі, с	0,40 ± 0,01	0,40 ± 0,01	0,44 ± 0,01*,**
систоли, с	0,36 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,36 ± 0,02
Період напруження, с	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01
Фаза скорочення			
асинхронного, с	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01
ізометричного с	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01
Період вигнання, с	0,26 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,26 ± 0,02
Фаза вигнання			
швидкого, с	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01
повільного, с	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,19 ± 0,01

у вестибулярні ядра довгастого мозку. Нейрони останніх формують розгалужені зв'язки з спинним мозком, мозочком, гіпоталамусом, окоруховими ядрами, ретикулярною формацією стовбура головного мозку. Вважають, що вестибуловегетативні зв'язки здійснюються головним чином опосередковано через гіпоталамус та ретикулярну формацію [13]. Проте в каудальному відділі дна четвертого шлуночка в довгастому мозку дуже близько розташовані вестибулярні і вегетативні ядра. Нижні відділи медіального вестибулярного ядра тісно прилягають до парасимпатичного ядра блукаючого нерва (*nucleus dorsalis n. vagi*). Зв'язками між цими ядрами пояснюється пряма рефлекторна передача збудження з вестибулярного апарату на парасимпатичний відділ вегетативної нервової системи [14]. Таким чином, збудження з рецептора горизонтальних лінійних прискорень може через прямі вестибуловегетативні зв'язки передаватися безпосередньо на *nucleus dorsalis n. vagi*. Через кардіальні гілки останнього здійснюється парасимпатичний вплив на діяльність серця, який, як відомо, полягає в пригніченні автоматизму синусового вузла, що призводить до зниження ЧСС [15]. Отже, маємо підстави припустити, що виявлене в

нашому дослідженні зниження ЧСС може бути наслідком активації блукаючого нерва через зв'язки вестибулярних ядер з його парасимпатичним ядром.

Нами не зареєстровано достовірного зниження ХОК. Разом зі зниженням ЧСС у всіх обстежуваних після ФТ спостерігався помірний (на 12,2%) приріст УО. Таким чином, серцевий викид залишався практично незмінним. Півхвилинна дія помірних горизонтальних лінійних прискорень змінного напрямку позначилася лише тенденцією до зниження ХОК.

На рисунку представлено зміни ЧСС, УО та ХОК після ФТ і контрольного обстеження у відсотках відносно значень цих показників перед тестом, які прийнято за 100%. Відомо, що ХОК майже повністю визначається венозним поверненням [16]. Тривалість ФТ близька до середнього сумарного часу повного оберту крові в обох колах кровообігу (близько 25 с у стані спокою). Це дає нам підстави припустити, що переднавантаження серця (навантаження об'ємом) протягом тесту не змінилося. Незмінний хвилинний об'єм венозного повернення при подовженні діастолі шлуночків має призвести до збільшення кінцеводіастолічного об'єму шлуноч-



Зміни показників центральної геодинаміки під впливом помірних лінійних прискорень. ЧСС – частота серцевих скорочень, УО – ударний об'єм, ХОК – хвилинний об'єм кровотоку; 1 – контроль, 2 – у стані спокою, 3 – після лінійних прискорень. * $P < 0,05$ щодо значень відповідного показника перед тестом, ** $P < 0,05$ щодо контролю

ків і більшого розтягнення кардіоміоцитів, що викликає збільшення сили скорочення серцевого м'яза. Зазначимо, що волокна блукаючого нерва головним чином іннервують передсердя і на силу скорочень шлуночків впливають мало [15]. Таким чином, можемо припустити, що збільшення УО і ОШВ зумовлено місцевими кардіо-гемодинамічними механізмами регуляції серцевого викиду.

Тенденція до збільшення ЗПО судин мала б відображати підвищення тонуусу кровоносних судин. У разі превалювання парасимпатичної активності це виглядає дещо парадоксально. Проте слід зазначити, що ЗПО визначають за відношенням СрАТ до ХОК, позаяк прямих методів визначення його не існує. Значення ЗПО отримані при обчисленні за формулою: $\text{ЗПО} = k \cdot \text{СрАТ} / \text{ХОК}$, де k – коефіцієнт переводу міліметрів ртутного стовпчика в одиниці вимірювання тиску в системі СГС – дин на 1 см^2 [17]. Дещо більший ЗПО після ФТ порівняно з його значенням до тесту відображає зміни СрАТ (тенденція до зростання) та ХОК (тенденція до зменшення) у відповідь на дію досліджуваного фактора. Причиною тенденції до зростання САТ і СрАТ при незмінному ДАТ, імовірно, може бути збільшення УО та ОШВ.

Виходячи з зазначеного, ми не розглядаємо ЗПО як показник, що відображає стан тонуусу судин. Судження про реакцію кровоносного судинного русла на дію помірних горизонтальних лінійних прискорень змінного напрямку можемо ґрунтувати на ПТАР і ПТА, що визначаються при контурному аналізі зареєстрованих реоплетизмограм [18, 19]. Після ФТ вони не відрізнялись від значень цих показників до тесту (табл. 1). Відсутність змін тонуусу судин на дію ФТ підтверджує наше припущення про активацію парасимпатичного впливу, оскільки центральна регуляція тонуусу судин здійснюється переважно симпатичною нервовою системою [20].

Ми припускаємо, що інтегральна відпо-

відь ЦГ на дію помірних горизонтальних лінійних прискорень змінного напрямку є результатом складних вестибуловегетативних кореляцій, опосередкованих через комплекс інтегративних та регуляційних систем центральної нервової системи і залежить від часу дії цих прискорень та індивідуальної чутливості до них. Результати нашого дослідження дають підстави вважати, що насамперед активується парасимпатичний вплив на серце, який проявляється зниженням ЧСС; по друге, – при короткотривалій дії указаних прискорень включаються місцеві механізми підтримання ХОК.

Можливо, у осіб які не займаються спортивним фехтуванням дія помірних горизонтальних лінійних прискорень змінного напрямку матиме інший характер впливу на ЦГ, що потребує подальших досліджень. Імовірно, за умов більш тривалої дії досліджуваного чинника за помірною активацією парасимпатичних впливів має проявитися феномен «заколисуння», понизитися тонуус ЦНС і скелетної мускулатури, що призведе до відповідних змін ЦГ. У науковій літературі останніх років є низка повідомлень, котрі розкривають фізіологічні механізми феномену «заколисуння» [21–24]. Встановлено, що умовою його реалізації є рецепція помірних лінійних прискорень змінного напрямку отолітовим апаратом [21]. Проте цитовані праці не містять інформації щодо змін ЦГ. При ознайомленні з проблемою та наявними нині даними стає зрозумілим, що значний інтерес до питання стосовно лінійних прискорень, «заколисуння», тощо припадав на 70–80 рр. минулого століття. Однак останнім часом з'явилися праці вітчизняних та зарубіжних науковців, котрі звернулися до подібних досліджень для з'ясування багатьох механізмів, які неможливо було вивчити на тогочасній матеріальній базі. Тому, на нашу думку, проведення таких робіт і отримання нових результатів буде мати як суто теоретичний, так і практичний інтерес принаймні у медицині та фізіології спорту.

ВИСНОВКИ

1. У осіб, для яких є звичними пересування з помірними горизонтальними лінійними прискореннями змінного напрямку, короткотривала їх дія призвела до незначного зниження ЧСС і тенденції до зменшення ХОК, що спостерігалось у всіх обстежуваних. Можливою причиною зниження ЧСС є активація блукаючого нерва через прямі зв'язки вестибулярних ядер з його парасимпатичним ядром.

2. Разом зі зниженням ЧСС збільшувалися УО та ОСВ у всіх спортсменів, що при короткотривалій дії досліджуваного чинника можна розглядати як компенсаторну реакцію, спрямовану на утримання ХОК.

3. Не виявлено впливу помірних горизонтальних лінійних прискорень змінного напрямку на тонус кровоносних судин.

4. Таким чином, у спортсменів, багаторічна спортивна діяльність яких пов'язана з дією на організм періодичних помірних горизонтальних лінійних прискорень змінного напрямку, не формується адаптація до дії вказаного фактора, що позначається на діяльності серцево-судинної системи і стані ЦГ.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of co-authors of the article.

**А.Н. Бакуновський, К.В. Розова,
В.А. Пастухова, В.І. Портніченко,
А. Г. Портніченко**

ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ УМЕРЕННЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЛИНЕЙНЫХ УСКОРЕНИЙ ПЕРЕМЕННОГО НАПРАВЛЕНИЯ НА ЦЕНТРАЛЬНУЮ ГЕМОДИНАМИКУ

Обследовано 19 спортсменов-фехтовальщиков мужского пола в возрасте от 18 до 24 лет, имевших спортивный стаж от 8 до 14 лет и высокую спортивную квалификацию у

избранном виде спорта (мастера спорта и кандидаты в мастера спорта). Обследуемые не имели существенных различий в росте и массе тела. Линейные горизонтальные ускорения создавались с помощью подвижной платформы с креслом, в котором размещался спортсмен. Пассивное передвижение фехтовальщиков на платформе соответствовало привычным для них параметрам передвижения на фехтовальной дорожке во время спортивного поединка. Показано, что кратковременное действие умеренных горизонтальных прямолинейных ускоренного переменного направления при применении функционального теста (ФТ) привело к незначительным, но статистически достоверным изменениям частоты сердечных сокращений (ЧСС), ударного объема (УО) и объемной скорости выброса крови (ОСВ). У всех обследуемых изменения упомянутых показателей после ФТ имели такой характер: ЧСС несколько снизилась, а УО и ОСВ увеличились. Выявлено, что у лиц, для которых привычны передвижения с умеренными линейными ускорениями переменного направления, кратковременное действие подобного фактора сопровождалось тенденцией к уменьшению минутного объема кровотока (МОК) в результате снижения ЧСС. Увеличение УО и ОСВ крови можно рассматривать как компенсаторную реакцию, направленную на удержание МОК. Таким образом, у спортсменов, многолетняя спортивная деятельность которых связана с действием на организм периодических умеренных горизонтальных прямолинейных ускорений переменного направления, не формируется адаптация к действию указанного фактора.

Ключевые слова: умеренные ускорения переменного направления; функциональный тест; частота сердечных сокращений; ударный объем; объемная скорость выброса крови.

**О.М. Bakunovsky^{1,2,3}, K.V. Rozova¹,
V.A. Pastukhova³, V.I. Portnichenko^{1,2},
A.G. Portnichenko^{1,2}**

INFLUENCE OF PERIODIC MODERATE LINEAR ACCELERATIONS OF VARIABLE DIRECTION ON CENTRAL HEMODYNAMICS

¹Bogomoletz Institute of Physiology National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv; e-mail: erozova@ukr.net;

²International Center for Astronomical and Medical and Ecological Research of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv;

³National University of Physical Education and Sport of Ukraine, Kyiv

It was examined 19 male fencers aged 18 to 24 years, who had sports experience from 8 to 14 years and high sports qualifications in the chosen sport (masters of sports and candidates for masters of sports). Subjects had no significant differences in height and body weight. Linear horizontal

accelerations were created using a movable platform with a chair, which housed the athlete. Passive movement of fencers on the platform corresponded to their usual parameters of movement on the fencing track during a sports match. It has been shown that the short-term effect of horizontal moderate accelerations of the variable direction when using the functional test (FT) led to small but statistically significant changes in heart rate (HR), stroke volume (SV) and volumetric blood ejection rate (VER). In all subjects, the changes in these indicators after FT were as follows: heart rate decreased slightly, and SV and VER increased. FT revealed that in persons who are accustomed to moving with moderate horizontal linear accelerations of variable direction, the short-term effect of this factor was accompanied by a tendency to decrease the minute volume of blood flow (MVB) due to decreased heart rate. Increasing of SV and VER can be considered as an immediate compensatory response aimed at maintaining MVB. Thus, in athletes whose long-term sports activities are associated with the action on the body of periodic moderate horizontal linear accelerations of variable direction, no adaptation to the action of this specified factor is formed. Key words: moderate variable direction acceleration; function test; heart rate; stroke volume; volumetric rate of blood ejection.

REFERENCES

1. Platonov VN. The system of training athletes in Olympic sports. General theory and its practical applications. Kiev: Olympic literature; 2004. [Russian].
2. Jimenez HR. Formation of long-term adaptation in the process of long-term training of athletes. 2015. [Electronic resource] Access mode: <http://repository.ldufk.edu.ua/bitstream/34606048/3765/1/>
3. Shevchuk TYa, Romanyuk AP. Features of vegetative regulation of the heart in athletes of game sports and track and field athletes. Bull Karazin Kharkiv Natl. Univ. 2016;26 (Ser. Biol):187-93. [Russian].
4. Komisova TE, Mamotenko AV. Anatomy and evolution of human nervous system. Kharkiv: KhNPU named after G.S. Frying pan. 2014. [Russian].
5. Bunce D, Anstey KJ, Cherbuin N. Cognitive deficits are associated with frontal and temporal lobe white matter lesions in middle-aged adults living in the community. PLOS ONE. 2010;5 (10):1-8.
6. Eckberg DI. Bursting into space: alteration of sympathetic control by travel. Acta Physiol Scand. 2003;177 (2): 299-311.
7. Bakunovsky OM, Andriyuk NL, Filippov MM, Portnichenko VI, Pastukhova VA, Portnichenko AG. Influence of moderate linear accelerations on the hemodynamics of fencers. Fiziol Zh. 2019;65 (3S):154. [Ukrainian].
8. Andreyuk H. The method of creation of vestibular load and its influence on the cardiovascular system of fencers. Sci Bull Lesya Ukrainka East Eur Natl Univ. 2018;(4):133-9. [Ukrainian].
9. Rules of the Game; The Complete Illustrated Encyclopedia of All The Sports of The World. New York, N.Y: St. Martin's Press, 1994.
10. Pushkar YuT, Bolshev VM, Elizarova NA. Determination of cardiac output by the method of tetrapolar thoracic reography and its metrological capabilities. Cardiology. 1977;(7); 85-90.
11. ReoCom. Instructions for operation. Kharkiv: W.p., 2008. [Russian].
12. Lukyanova EM, Antipkin YuG, Chernyshov VP, Vykhovanets EV. Methods of statistical processing of medical information in scientific research. Kiev: Planeta lyudey, 2002. [Russian].
13. Tarabkina MYu, Grabovskaya EYu. Myovisceral reactions to vestibular loads in combat athletes. Moscow: RUSAYNS, 2018. [Russian].
14. Brodal A, Valberg F, Pompeano O. Vestibular nuclei. Moscow: Science, 1966. [Russian].
15. Herring N, Danson EJ, Paterson DJ. Cholinergic control of heart rate by nitric oxide in site specific. News Physiol Sci. 2002;17(2): 202.
16. Guyton AS. Determination of cardiac output by equating venous return curves with cardiac response curves. Physiol Rev. 1955;35 (1): 123.
17. Brin VB, Zonis BYa. Physiology of systemic circulation: Formulas and calculations. Rostov-on-Don: Publ House of the Rostov State Univ, 1984. [Russian].
18. Ronkin MA, Ivanov LB. Rheography in clinical practice. Moscow: NMF. MBN, 1997. [Russian].
19. Krishchuk AA, Vinichuk SM. The state of cerebral circulation and vascular tone in hypertension. Doctor. Case. 1979;(8):38-41. [Russian].
20. Conradi GP. Regulation of vascular tone. Leningrad: Science. 1973. [Russian].
21. Kompotis K, Hubbard J, Emmenegger Y, Perrault A, Muhlethaler M, Schwartz S, Bayer L, Franken P. Rocking promotes sleep in mice through rhythmic stimulation of the vestibular system. Current Biol. 2019;29 (1):1-10.
22. Ozturk-Colak A, Inami S, Buchler JR, McClanahan PC, Cruz A, Fang-Yen C, Koh K. Sleep induction by mechanosensory stimulation in drosophila. Cell Reports. 2020;33(1): 1-17.
23. McCall A, Miller D, Yates B. Descending influences on vestibulospinal and vestibulosympathetic reflexes. Front Neurol. 2017;(8):112.
24. Perrault A, Khani A, Quairiaux Ch, Kompotis K, Franken P, Muhlethaler M, et al. Whole-night continuous rocking entrains spontaneous neural oscillations with benefits for sleep and memory. Current Biol. 2019;29 (4):402-11.

*Матеріал надійшов
до редакції 03.06.2021*