

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СЕНСОМОТОРНИХ РЕАКЦІЙ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ СПОРТСМЕНІВ З РІЗНИМИ ТИПАМИ РЕГУЛЯЦІЇ СЕРЦЕВОГО РИТМУ

¹Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського, Україна

²Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, Україна

Метою даного дослідження був порівняльний аналіз сенсомоторних реакцій у висококваліфікованих спортсменів з різними типами регуляції серцевого ритму

Матеріали та методи. Були обстежені 202 висококваліфікованих спортсмена чоловічої статі у віці $22,6 \pm 2,8$ років, які займаються ациклічними видами спорту, - одноборствами (карате, тхеквондо, кікбоксинг, бокс, вільна боротьба, греко-римська боротьба, дзюдо, самбо) та ігри (водне поло, футбол). Стаж занять спортом складав $10,3 \pm 3,1$ роки. Всі дослідження проводились у передзмагальному періоді у ранішні години.

На підставі дослідження показників варіабельності серцевого ритму у спортсменів визначався тип регуляції серцевого ритму. Згідно визначених типів даних були сформовані 4 групи. 1 групу (I тип) склали 42 спортсмени, 2 (II тип) – 28 спортсменів, 3 (III тип) – 88 спортсменів, 4 (IV тип) – 44 спортсмени. Дослідження сенсомоторної функції проводилось з використанням приладу КВР-3.

Результати дослідження. Показано, що найбільш збалансованими сенсомоторні реакції є у спортсменів з III типом регуляції серцевого ритму. Найбільш напруженими сенсомоторні реакції відзначаються при II типі регуляції серцевого ритму, що відображається у вираженій центральній асиметрії управління рухами з пришвидшенням ліворуч на тлі погіршення влучності рухів правою (за рахунок флексорів) та лівою (за рахунок екстензорів) кінцівками, та переважання праворукості. Достатньо напруженими є сенсомоторні реакції при IV типі регуляції серцевого ритму, що характеризується уповільненням реакцій на синаптичному та периферичному рівнях. При I типі регуляції серцевого ритму порушення, які відзначаються на центральному рівні регуляції, стосуються асиметрії процесів короткотривалої рухової пам'яті, які в лівій півкулі істотно зменшуються.

Висновок. У роботі показано, що відмінності регуляторного забезпечення серцевого ритму у висококваліфікованих спортсменів супроводжуються характерними відмінностями сенсомоторної функції. Останнє може бути корисним для діагностики і подальшої корекції станів, пов'язаних з розвитком перенапруження та перетренованості.

Ключові слова: типи автономної регуляція, серцевий ритм, сенсомоторні реакції, спортсмени.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконувалося відповідно до плану науково-дослідної роботи Львівського державного університету фізичної культури «Застосування неінвазивних методів аналізу функціонального стану організму спортсменів» та «Теоретико-методичні основи фізичної реабілітації неповносправних з порушенням діяльності опорно-рухового апарату та дихальної системи».

Вступ. Визначення сенсомоторної функції є одним з перспективних напрямків дослідження психофізіологічних особливостей організму. Діагностика сенсомоторної функції застосовується для вивчення когнітивних процесів, оцінки функціонального стану ЦНС [1, 2], сенсорної чутливості, розвитку моторики, психофізіологічних і нейрофізіологічних параметрів функціонування головного мозку [2-4]. Завдяки своїй простоті, інформативності, сенсомоторні тести все частіше використовуються в діагностиці порушень психофізичного розвитку дітей, при захворюваннях і травмах ЦНС, а також у спортсменів [3, 5-7].

Добре відомими є методи визначення властивостей ЦНС. Всі вони засновані на активних впливах на сферу умовно-рефлекторної діяльності або на зміну рівня мотивації, або на штучну зміну збудливості ЦНС при введенні медичних препаратів, або на зміну сили використовуваних подразників, черговості їх застосування, зміну їх просторово-часових характеристик, або на оцінці швидкості реакції на гальмівні і збуджуючі сигнали [8].

Відтворення всіх перерахованих способів в практиці експрес-діагностики основних властивостей нервової системи людини або повністю виключено, або занадто трудомістке. Тому протягом багатьох років ведуться пошуки досить простих, але об'єктивних тестів визначення основних властивостей ЦНС - сили і функціональної рухливості нервових процесів, балансу процесів збудження-гальмування [2]. Особливо актуальним їх дослідження є в практиці спорту [7,9-13]. Раніше нами були кластеризовані зміни сенсомоторних реакцій у спортсменів різних видів спорту, які по-

казали характерні відмінності з урахуванням особливостей спортивної діяльності [14]. В попередніх дослідженнях було також показано, що вплив інтенсивного фізичного навантаження приводить до вірогідних змін декількох параметрів, пов'язаних з центральним і периферичним рівнем регуляції рухів [15]. Причому, найбільшу увагу було звернено на асиметричні зміни показників перемикання центральних установок (ПЦУ), які характеризують центральні механізми організації рухової відповіді [16]. Ці зміни були характерними для осіб з різними варіантами формування перенапружень автономної нервової системи за впливу інтенсивних фізичних навантажень та відображали стійке переважання активності симпатичної та парасимпатичної ланки регуляції серцевого ритму [16]. Останнє підтвердило дані багатьох авторів, які пов'язують характерні відмінності у активності префронтальної кори лівої та правої півкуль з перебігом ерго-тропних та трофотрофних процесів у організмі спортсменів [17-19]. Достатньо важливими з цих позицій є припущення зроблені з акцентом на індивідуальний рівень тренуваності спортсменів, який пов'язують з формуванням характерної асиметрії управління рухами [11, 20]. При цьому аналіз результатів дослідження латентних періодів простої рухової реакції на світловий та звуковий подразники вказує на їх більш істотне значення в оцінці нервово-м'язової ланки проведення імпульсу, яка страждає при розвитку втоми у відповідних ділянках м'язової системи [20].

В попередньому аналізі нами були показані відмінності типів регуляції серцевого ритму за показниками паттерну та варіабельності дихання, які доповнили відомі дані про особливості регуляторного забезпечення діяльності серця з урахуванням двоконтурної моделі [21].

Метою даного дослідження був порівняльний аналіз сенсомоторних реакцій у висококваліфікованих спортсменів з різними типами регуляції серцевого ритму.

Об'єкт та методи дослідження. Були обстежені 202 висококваліфікованих спортсмена чоловічої статі у віці $22,6 \pm 2,8$ років, які займаються ациклічними видами спорту, - одноборствами (карате, тхеквондо, кікбоксинг, бокс, вільна боротьба, греко-римська боротьба, дзюдо, самбо) та ігри (водне поло, футбол). Стаж занять спортом склав $10,3 \pm 3,1$ роки. З урахуванням рівня спортивної майстерності спортсмени розподілились наступним чином: 109 – кандидати в майстри спорту, 70 – майстри спорту, 18 – майстри спорту міжнародного класу, 5 – заслужені майстри спорту. Всі дослідження проводились у передзмагальному періоді у ранішні години на навчально-тренувальних базах команд майстрів з водного поло «Динамо»

та футболу «Карпати» (м. Львів), а також під час передзмагальних зборів збірних команд Одеської, Львівської областей та України впродовж 2010-2018 років.

Проведення дослідження не суперечить нормам українського законодавства та відповідає вимогам Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» від 26 листопада 2015 року № 848-VIII. Кожен учасник підписував інформовану згоду на участь у дослідженні, і вжиті всі заходи для забезпечення анонімності учасників.

Для визначення типу регуляції серцевого ритму проводилось дослідження з використанням приладу спіроартеріокардіоритмограф (САКР) [21], який у одночасному режимі реєстрації дозволяє вимірювати показники діяльності серця, судин та дихання. Програмне забезпечення приладу дозволяє розрахувати низку показників діяльності серцево-судинної та дихальної системи. Одним із варіантів аналізу є визначення параметрів варіабельності серцевого ритму (BCP). Дослідження САКР проводилось перед дослідженням сенсомоторної функції.

Для визначення типу регуляції серцевого ритму був використаний спосіб, запропонований Н.І. Шлик [22], який передбачає класифікацію показників BCP з урахуванням їх потрапляння у визначені межі. До показників BCP, які відображають двоконтурну модель регуляції серцевого ритму та використовуються для діагностики, включені: показник загальної потужності BCP – TP (total power), mc^2 , показник впливів у понаднижкочастотному діапазоні – VLF (very low frequency), mc^2 , та показник стрес-індексу – SI (y.o.), які відображають різні ланки регуляторних впливів на серцевий ритм.

Принципи класифікації згаданих показників BCP представлені у **табл. 1**.

Таблиця 1 – Критерії визначення типів регуляції серцевого ритму за Н.І. Шлик

Тип регуляції	Тип	Критерії	
		SI (ум. од.)	VLF (mc^2)
Переважання центральної регуляції	I	>100	>240
	II	>100	<240
Переважання автономної регуляції	III	25 - 100	>240
	IV	<25	VLF>500, TP>8000-10000

Згідно отриманих даних, результати дослідження BCP класифікуються на варіанти з переважанням автономної та центральної регуляції серцевого ритму, які поділяються на 4 типи, кожний з яких відображає певний стан регуляторних процесів: I тип – засвідчує їх помірне напруження, II тип – засвідчує зниження функціонального стану

регуляторних систем, розвиток втоми, III тип – засвідчує оптимальний стан регуляції, IV тип – засвідчує перенапруження автономної регуляції, або стан високої тренуваності.

Для вивчення сенсомоторних реакцій спортсменів використовувався прилад КВР-3 (або «комп'ютерний вимірювач рухів»; виробник – ТОВ «ІНТОКС», м. Санкт-Петербург). Прилад зареєстрований МОЗ РФ (№ 29/03041202/5085-03 від 10 квітня 2003 р.), За допомогою КВР-3 (рисунки) за результатами виконання трьох простих рухових тестів, які виконуються правою та лівою рукою [23], визначались 25 цифрових параметрів рухів: тривалість циклу руху (ТЦР, с) перемикання центральних установок (ПЦУ, с), час реалізації флексії і екстензії (ЧРФ і ЧРЕ, с), короткотермінова рухова пам'ять (КРП, с), час реакції на звуковий подразник (ЧРЗ, с), час реакції на світловий подразник (ЧРС, с), помилка корекції флексорів і екстензорів (ПКФ і ПKE), плавність рухів (ПР, %), баланс екстензорів і флексорів при візуальному контролі і без нього (БЕФвіз і БЕФ). З урахуванням даних тестування розраховується також коефіцієнт моторної асиметрії (Ас, %). Ас більший 10% свідчить про праворукість, а менше -10% - про ліворукість, проміжні значення оцінюються як дворукість (амбідекстри) [5]. Перевищення Ас більше 30% та його зменшення нижче -30% засвідчує виражене переважання (латералізація) моторної функції лівої півкулі (ви-

ражена праворукість) та виражене переважання моторної функції правої півкулі (виражена ліворукість), відповідно.

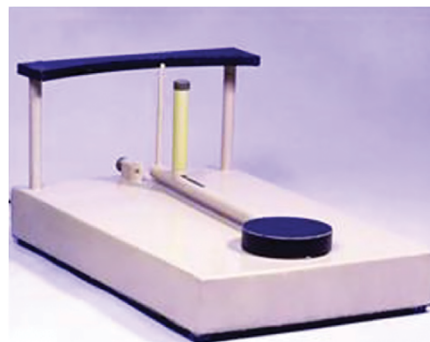


Рисунок. Загальний вигляд приладу КВР-3

Порівняльний статистичний аналіз проводився з використанням непараметричного критерію Манн-Уїтні.

Результати дослідження та їх обговорення.

За даними обстеження означеної групи спортсменів з використанням САКР були сформовані 4 групи, які характеризували різні типи регуляції серцевого ритму. У табл. 2 представлені пересічні дані показників ВСР, які чітко характеризували потрапляння спортсменів до тієї чи іншої групи.

У табл. 3 представлені пересічні дані основних антропометричних та функціональних показників досліджуваних груп спортсменів. Харак-

Таблиця 2 – Пересічні значення показників ВСР, які були покладені в основу диференціації спортсменів за типами регуляції серцево-судинної системи, М (Q₁; Q₃)

	I тип, n=42	II тип, n=28	III тип, n=88	IV тип, n=44
ТР, мс ²	2490 (1632; 3844)	1475 (1163; 2314)	5686 (4186; 12679)	18540 (12645; 26392)
VLF, мс ²	610 (331; 1406)	161 (144; 188)	770 (471; 1600)	1490 (992; 2061)
CI, у.о.	143,4 (122,9; 214,5)	222,1 (150,8; 282,8)	57,7 (38,5; 70,3)	17,4 (13,3; 19,9)

Таблиця 3 – Морфофункціональні параметри спортсменів, порівнюваних груп, М (Q₁; Q₃)

	I тип, n=42	II тип, n=28	III тип, n=88	IV тип, n=44
Маса тіла, кг	75,0 (62,0; 84,0)	75,0 (70,0; 87,0)	73,0 (64,0; 79,5)	70,7 (58,5; 82,5)
Довжина тіла, см	181,0 (169,0; 188,0)	181,0 (172,0; 190,0)	175,0 (170,0; 186,0)	175,0 (170,0; 185,0)
ІМТ, кг/м ²	23,1 (21,1; 25,2)	22,2 (21,4; 26,7)	22,5 (20,9; 24,7)	20,9 (20,0; 26,2)
ОГК (спокій), см	97,0 (88,0; 101,0)	97,0 (91,5; 101,5)	96,0 (91,0; 100,0)	91,0 (87,5; 97,0)
Екскурсія, см	7,0 (5,0; 9,0)	7,0 (5,0; 8,5)	7,0 (6,0; 8,0)	8,0 (6,0; 8,0)
Обвід черева, см	78,0 (73,0; 87,0)	78,5 (73,5; 88,5)	78,0 (75,0; 84,0)	75,0 (73,0; 87,0)
Обвід стегна, см	54,0 (49,0; 57,0)	53,0 (48,5; 58,0)	52,0 (49,0; 56,0)	50,0 (46,0; 57,0)
СІ, кг	67,1 (55,3; 71,1)	68,0 (62,1; 71,4)	64,1 (57,7; 70,0)	64,4 (59,9; 68,2)
ЖЄЛ, мл	5000 (4100; 6000)	4800 (4500; 5800)	4800 (4500; 5300)	4650 (4200; 5600)
ЖІ, мл/кг	67,3 (62,9; 73,7)	64,3 (58,8; 72,5)	68,2 (63,8; 72,2)	70,0 (66,7; 74,7)
АТС, мм рт.ст.	120,0 (110,0; 130,0)	120,0 (116,0; 130,0)	110,0 (100,0; 120,0)	110,0 (110,0; 120,0)
АТД, мм рт.ст.	70,0 (70,0; 80,0)	70,0 (70,0; 80,0)	62,0 (60,0; 80,0)	70,0 (70,0; 80,0)
Індекс Кердо	-0,08 (-0,19; 0,06)	-0,11 (-0,22; 0,01)	-0,23 (-0,33; -0,07)	-0,34 (-0,57; -0,18)
Подвійний добуток	82,4 (69,6; 94,8)	79,4 (77,4; 94,1)	72,0 (62,4; 79,4)	61,5 (56,5; 71,0)
АП Баєвського	2,26 (1,88; 2,40)	2,21 (2,06; 2,27)	2,01 (1,82; 2,19)	1,89 (1,72; 2,02)
РФС за Пироговою	0,672 (0,552; 0,776)	0,688 (0,626; 0,703)	0,746 (0,683; 0,826)	0,813 (0,746; 0,895)

теризуючи спортсменів з різними типами регуляції слід звернути увагу на морфометричні та рутинні інтегральні показники, які значуще відрізняються від усіх при IV типі. Вони засвідчують вірогідно менший ІМТ, ОГК та більший ЖІ, у порівнянні з іншими спортсменами. Аналогічну відмінність демонструють інтегральні параметри вегетативного тону (індекс Кердо), економізації серцево-судинної системи (подвійний добуток) та фізичної працездатності (за РФС Пирогової). Певний рівень диференціації від спортсменів з I та II типом за згаданими інтегральними параметрами мають спортсмени з III (оптимальним) типом регуляції. Проте, за морфометричними параметрами вони значуще не відрізняються. В той же час, спортсмени з I та II типом регуляції за морфометричними та рутинними інтегральними показниками взагалі аналогічні.

У **табл. 4** представлені значущі відмінності показників сенсомоторної функції спортсменів з різними типами регуляції серцево-судинної системи, які засвідчують уповільнення проведення імпульсів на синаптичному рівні (ТЦР) та вираженої тенденції до нього на центральному рівні (ПЦУ) при IV типі. Заслугує на увагу асиметрія ПЦУ при II типі, яка проявляється істотним пришвидшенням реалізації дії на центральному рівні при виконанні тесту правою рукою та характеризує збільшення швидкості перемикавання у лівій частині префронтальної кори. За цим показником спортсмени з II типом диференціюються від усіх спортсменів з іншими типами.

Ще одним з показників, який характеризує центральний рівень організації рухів є КРП. Його значущі відмінності при виконанні тестів правою та лівою рукою у спортсменів з I типом засвідчують

асиметричність створення рухового образу у руховій корі. Певна, проте, незначуща асиметрія короткотермінової пам'яті відзначається у спортсменів з II типом. При цьому при автономізації регуляції серцево-судинної системи (IV тип) ці показники у стані спокою засвідчують збалансованість організації рухів на центральному рівні. Порушення на цьому рівні можуть вказувати при переважанні парасимпатичних впливів на формування патологічних змін регуляції [24]. Периферичний рівень (нервово-м'язовий) організації рухів засвідчують показники, які характеризують латентний період відповіді на дію простого світлового або звукового подразника – ЧРС та ЧРЗ. Значуще більшим, ніж при інших типах, латентний період реакції на світловий подразник є у спортсменів з IV типом регуляції, як лівою, так і правою рукою. Інші типи регуляції чітко не асоціюються з пришвидшенням, або уповільненням простої рухової реакції. Реакція на звуковий подразник взагалі не асоціюється з типами регуляції серцево-судинної системи.

Показниками, які характеризують влучність та пов'язані з центральною та синаптичною ланками передачі імпульсу є показники помилки корекції флексорів та екстензорів (ПКФ та ПКЕ). Серед цих показників привертає увагу той факт, що у спортсменів з II типом відзначається найбільше уповільнення корекції та відповідно погіршення влучності при виконанні рухів із задіянням флексорів правої кінцівки та екстензорів лівої. Останнє може свідчити про напруження міжпівкульної взаємодії на рівні підкоркових ядер або реципрокного перезбудження та гальмування у лівій та правій частках рухової кори. Значущим є те, що при жодному іншому типі регуляції таких змін сенсомоторної функції не

Таблиця 4 – Порівняльна характеристика параметрів сенсомоторної функції спортсменів з різними типами регуляції серцевого ритму, що мають значущі відмінності, M (Q₁; Q₃)

	I тип n=42	II тип, n=28	III тип n=88	IV тип n=44
ТЦРл, с	0,45 (0,35; 0,47)	0,39 (0,35; 0,53)	0,40 (0,34; 0,52)	0,48 (0,37; 0,57)
ТЦРп, с	0,42 (0,36; 0,45)	0,38 (0,34; 0,50)	0,38 (0,33; 0,50)	0,47 (0,37; 0,55)
ПЦУл, с	1,54 (1,07; 2,47)	1,57 (1,25; 2,24)	1,45 (1,06; 2,30)	1,90 (1,38; 2,39)
ПЦУп, с	2,01 (1,07; 4,81)	1,02 (0,87; 1,44)	1,79 (1,05; 4,21)	1,68 (1,51; 2,37)
КРПл, с	2,42 (0,82; 4,84)	0,69 (0,28; 3,03)	1,90 (0,41; 6,93)	1,43 (0,22; 9,24)
КРПп, с	0,94 (0,22; 1,38)	1,93 (0,20; 3,57)	1,85 (0,63; 6,63)	1,71 (0,44; 9,19)
ЧРСл, с	0,15 (0,13; 0,17)	0,15 (0,14; 0,18)	0,15 (0,13; 0,17)	0,16 (0,15; 0,17)
ЧРСп, с	0,15 (0,14; 0,17)	0,17 (0,14; 0,18)	0,15 (0,14; 0,17)	0,17 (0,15; 0,19)
ЧРЗл, с	0,14 (0,13; 0,17)	0,14 (0,13; 0,16)	0,15 (0,13; 0,18)	0,15 (0,14; 0,18)
ЧРЗп, с	0,15 (0,14; 0,17)	0,15 (0,13; 0,17)	0,15 (0,13; 0,18)	0,15 (0,13; 0,16)
ПКФл, с	2,87 (2,39; 3,88)	3,32 (2,66; 4,74)	3,30 (2,51; 4,84)	3,12 (2,30; 3,96)
ПКФп, с	2,88 (2,04; 5,02)	3,57 (3,43; 4,04)	3,45 (2,31; 4,41)	3,31 (2,08; 3,94)
ПКЕл, с	3,02 (2,13; 3,88)	4,49 (3,48; 6,32)	3,61 (2,27; 5,04)	3,03 (2,56; 4,51)
ПКЕп, с	2,60 (2,17; 2,90)	2,86 (2,15; 3,12)	3,50 (2,36; 4,37)	2,23 (1,83; 3,22)
Ас, %	7,1 (-1,7; 13,8)	14,3 (6,3; 19,8)	1,1 (-10,5; 17,7)	10,7 (-6,4; 22,3)

відзначається. Хоча при I та IV типах відзначається значуща асиметрія помилки корекції, яка засвідчує погіршення влучності при задіянні екстензорів лівої кінцівки. Показовим є те, що при III типі регуляції серцево-судинної системи відзначаються найбільш збалансовані параметри даного показника, які свідчать про відсутність асиметрії рухів при тестуванні влучності.

Характеризуючи показник асиметрії рухів (Ас, %) можна стверджувати, що при II типі відзначається істотне переважання праворукості, яка на рівні схильності відзначається й у спортсменів з I та IV типами. В той же час у спортсменів з III (оптимальним) типом показник асиметрії засвідчує схильність до амбидекстрії.

Аналізуючи отримані у висококваліфікованих спортсменів результати дослідження сенсомоторної функції, необхідно зазначити, що її стан у багатьох випадках пов'язаний із особливостями спортивної діяльності, яка передбачає активне задіяння механізмів керування рухами. Звичайно, в першу чергу, доцільним є врахування найбільш функціонально напружених ділянок нервово-м'язового апарату, які визначають успішність спортивної діяльності. Це підтверджується даними, які були отримані у спортсменів різних видів спорту [13]. В той же час загально-біологічні механізми перебігу адаптаційно-компенсаторних реакцій, які відбуваються в організмі спортсменів у навчально-тренувальному процесі, також мають істотний вплив на реалізацію сенсомоторних реакцій. У нашому випадку, відмінності цих реакцій пов'язані з активністю гілок вегетативної нервової системи, яка приймає безпосередню участь у забезпеченні нейро-гуморальних механізмів адаптаційно-компенсаторних реакцій в організмі висококваліфікованих спортсменів.

У табл. 5 представлені значущі відмінності окремих показників сенсомоторної функції при різних типах регуляції серцевого ритму. Типи регуляції серцевого ритму згідно двоконтурної моделі визначаються переважанням активності гілок вегетативної регуляції, а також їх вираженості. Найбільш оптимальним є III тип, який характеризується помірним переважанням активності парасимпатичної гілки ВНС. З огляду на це цілком очікуваним є достатня збалансованість всіх визначених показників сенсомоторної функції при виконанні тестів правою та лівою рукою. Певну невірогідну тенденцію до відмінностей можна побачити тільки за показниками центрального рівня регуляції, а саме ПЦУ, який засвідчує певне збільшення часу перемикавання в лівій півкулі головного мозку.

При I типі регуляції серцевого ритму відзначається централізація регуляторних впливів, яка засвідчує помірне переважання активності симпа-

Таблиця 5 – Значущі відмінності параметрів сенсомоторної функції спортсменів з різними типами регуляції серцевого ритму, ($p < 0,05$)

Тип порівняння	Порівнюваний тип			
	I тип	II тип	III тип	IV тип
I тип	-	>ПЦУп, >КРПл, <КРПп, <ЧРСл, <ПКФп, <ПКЕл, <Ас	<КРПп, <ПКЕп	<ТЦРл, <ТЦРп, <КРПп, <КРПп, <ЧРСл, <ЧРСп, <ЧРЗл
II тип	<ПЦУп, <КРПл, >КРПп, >ЧРСл, >ПКФп, >ПКЕл, >Ас	-	<ПЦУп, >ЧРСл, <ПКЕп, >Ас	<ТЦРл, <ТЦРп, <ПЦУп, <ЧРСл, <ЧРЗл, >ПКФп, >ПКЕл
III тип	>КРПп, >ПКЕп	>ПЦУп, <ЧРСл, >ПКЕп, <Ас	-	<ТЦРл, <ТЦРп, <ЧРСл, <ЧРСп, >ПКЕп
IV тип	>ТЦРл, >ТЦРп, >КРПп, >ЧРСл, >ЧРСп, >ЧРЗл	>ТЦРл, >ТЦРп, >ПЦУп, >ЧРСл, >ЧРЗл, <ПКФп, <ПКЕл	>ТЦРл, >ТЦРп, >ЧРСл, >ЧРСп, <ПКЕп	-

тичної ланки ВНС. Як правило такий варіант регуляторних змін спостерігається під час інтенсивних тренувальних навантажень та характеризує адекватну реакцію організму, пов'язану з активізацією симпатoadреналових ерготропних механізмів обміну. З огляду на це зміни на центральному рівні регуляції сенсомоторної функції (за показником ПЦУ) нагадують такі ж при III типі. Проте, відзначається істотна відмінність, яка характеризується асиметрією процесів короткотермінової рухової пам'яті (КРП). При цьому в лівій півкулі ці процеси є істотно коротшими, ніж при III типі, а в правій – істотно тривалішими. За іншими параметрами I та III тип регуляції серцевого ритму не відрізняються. Тобто, можна припустити, що помірна активізація симпатичної гілки ВНС у порівнянні з помірною активізацією парасимпатичної гілки ВНС характеризується більш вираженою асиметрією вмикання просторово-перцептивних ділянок головного мозку, відповідальних за формування рухових навичок.

При II типі регуляції серцевого ритму відзначається істотне переважання центральних регуляторних впливів, яке свідчить про надмірну активізацію симпатoadреналових механізмів регуляції, що приводять до розвитку втоми та виснаження

нейромедіаторів. Насамперед, заслуговує на увагу істотне пришвидшення ПЦУ у лівій півкулі, яке можна пояснити виснаженням гальмівних медіаторів у префронтальній корі. При цьому, значуще погіршується влучність рухів (за показниками ПКФп та ПКЕл), що вказує на реципрокне погіршення регуляції згиначів та розгиначів правої та лівої кінцівки, відповідно. Вагомою є також латералізація рухів, яка є істотно зміщеною у бік переважання праворукості (Ас,%).

IV тип регуляції серцевого ритму пов'язаний з високою активністю автономного (парасимпатичного) контуру регуляції. Зазвичай його пов'язують з станом високої функціональної готовності організму та тренуваності. Проте, переважання автономних впливів може свідчити також про формування перенапруження за парасимпатичним типом. З огляду на параметри сенсомоторної функції заслуговує на увагу значуще двобічне уповільнення тривалості циклу рухів (ТЦР), яке характеризує синаптичний рівень проведення нервового імпульсу. Можливо за рахунок надмірної активності гальмівних нейромедіаторів в провідних шляхах. З іншого боку відзначається двобічне зниження швидкості передавання імпульсу й у периферичних відділах (за показниками ЧРС), відповідальних за нервово-м'язовий сегмент рефлекторної дуги. Характерною також є схильність даних спортсменів до праворукості.

В цілому за даними дослідження сенсомоторних реакцій висококваліфікованих спортсменів з різними типами регуляції серцевого ритму встановлено:

1. Найбільш збалансованими сенсомоторні реакції є у спортсменів з III типом регуляції серцевого ритму.
2. Найбільш напруженими сенсомоторні реакції відзначаються при II типі регуляції серцевого ритму, що відображається у вираженій центральній асиметрії управління рухами з пришвидшенням ліворуч на тлі погіршення влучності рухів правою (за рахунок флексорів) та лівою (за рахунок екстензорів) кінцівками, та переважання праворукості.
3. Достатньо напруженими є сенсомоторні реакції при IV типі регуляції серцевого ритму, що характеризується уповільненням реакцій на синаптичному та периферичному рівнях.
4. При I типі регуляції серцевого ритму порушення на центральному рівні регуляції стосуються асиметрії процесів короткотривалої рухової пам'яті, які в лівій півкулі істотно зменшуються.

Висновок. У роботі показано, що відмінності регуляторного забезпечення серцевого ритму у висококваліфікованих спортсменів супроводжуються характерними відмінностями сенсомоторної функції. Останнє може бути корисним для діагностики і подальшої корекції станів, пов'язаних з розвитком перенапруження та перетренованості.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з пошуком динамічних змін показників сенсомоторних реакцій при формуванні станів перенапруження та перетренованості у спортсменів.

References

1. Bruno N, Battaglini P. Integrating perception and action through cognitive neuropsychology (broadly conceived). *Cogn Neuropsychol*. 2008; 25:879-90. doi: 10.1080/02643290802519591
2. Carello C, Wagman J. Mutuality in the perception of affordances and the control of movement. *Adv Exp Med Biol*. 2009; 629:273-92. PMID: 19227505. doi: 10.1007/978-0-387-77064-2_14
3. Gutnik B, Pankova N, Karganov M, Nash D. Relationship between inertial features of the upper extremity and simple reaction time in boys and girls aged 17-18. *Human physiology*. 2014; 40(2):1-9. doi: 10.1134/S0362119714020078
4. Shutova S, Muravyova I. Sensomotornye reaktsyy kak kharakterystyka funktsyonal'nogo sostoyaniya TsNS [Sensorimotor reactions as characteristics of functional state of CNS]. *Vestnyk TGU*. 2013; 18(5):2831-40. [Russian]
5. Bezrukih M, Kiselev M, Komarov G, Kozlov A, Kurneshova L, Landa S, et al. Age-related features of the organization of motor activity in 6- to 16-year-old children. *Human Physiology*. 2000; 26 (3):337-44. doi: 10.1007/BF02760196
6. Noskin L, Krivosheeva V, Kuchma V, Rumyantseva A, Noskin V, Komarov G, et al. *Pedagogicheskaya sanologiya* [Pedagogical sanology]. M: MIOO; 2005. 224 s. [Russian]
7. Boloban V. Sensomotornaya koordynatsiya kak osnova tekhnicheskoy podgotovky [Sensorimotor coordination as the basis of technical training]. *Science in Olympic sports*. 2006; 2: 96-102. [Russian]
8. Machado S, Cunha M, Velasques B, Minc D, Teixeira S, Domingues CA, et al. Sensorimotor integration: basic concepts, abnormalities related to movement disorders and sensorimotor training-induced cortical reorganization. *Rev Neurol*. 2010; 51(7):427-36.
9. Chikurov A, Fedorov V, Voinich A, Khudik S. Directed asymmetric power action as effectivization factor in sprint coaching. *Journal of Physical Education and Sport*. 2016; 16 (4):1287-92.

10. Khachaturova YE. Kharakter individualnogo profilya asimmetriy v protsesse godichnogo tsikla podgotovki sportsmenov-strelkov [The nature of the individual profile of asymmetry in the process of the annual training cycle of athletes-shooters]. *Resursy konkurentosposobnosti sportsmenov: teoriya y praktika realizatsiy*. 2015; 3: 237–9. [Russian]
11. Moskvyn VA, Moskvyna NV. Individualnye razlichiya funktsionalnoy asimmetriy v sporte [Individual differences in functional asymmetry in sports]. *Science in Olympic sports*. 2015; 2: 58–62. [Russian]
12. Korobeinikov G, Korobeinikova L, Richok T, Mischenko V. Statevi osoblyvosti neyrodynamichnykh funktsiy u elitnykh sportsmeniv [Sexual features of neurodynamic functions in elite athletes]. *Bulletin of Cherkasy University: Theoretical Sciences*. 2015; 2(335): 55-60. [Ukrainian]
13. Korobeinikov G, Korobeinikova L, Volskyy D, Shenpen Go. Funktsionalna asemetriya mozku i kognityvni strategiyi u sportyvnykh yedynoborstvakh [Functional asymmetry of the brain and cognitive strategies in martial arts]. *Teoriya i metodyka fizychnogo vykhovannya i sportu*. 2018; 2: 73-7. [Ukrainian]
14. Romanchuk AP. K Voprosu tipirovaniya sensomotornykh reaktsiy u sportsmenov [The question sensorimotor reactions typing in athletes]. *Vestnyk sportyvnoy nauky*. 2007; 2: 38–42. [Russian]
15. Guzii OV, Romanchuk OP, Mahlovanyy AV. Sensomotorni pokaznyky yak kryteriyi vplyvu intensyvnykh fizychnykh navantazhen na orhanizm sportsmen [Sensorimotor indicators as criteria of the intense physical loads influence on the athlete's body]. *Ukr J Med Biol Sport*. 2020; 5(3): 351–358. [Ukrainian]. doi: 10.26693/jmbs05.03.351
16. Romanchuk OP, Guzii OV. Sensorimotor Criteria for the Formation of the Autonomic Overstrain of the Athletes' Cardiovascular System. *Int J Educ Sci*. 2020; 3(1): 46-53. doi: 10.26697/ijesa.2020.1.6
17. Pestriaev V, Safina T. Mezhpulusharnaya asimmetriya trofotropnoj i jergotropnoj reguljacji [Interhemispheric asymmetry of trophotropic and ergotropic regulation]. *Asimmetria*. 2014;8(2):48–58. [Russian]
18. Khudik S, Chikurov A, Voynich A, Radaeva S. Funktsionalnaya asymmetrya kak byologicheskyy fenomen, soputstvuyushchyy sportyvnomu rezultatu [Functional asymmetry as a biological phenomenon associated with athletic performance]. *Vestnyk TGU*. 2017; 421:193-202. [Russian]. doi: 10.17223/15617793/421/29
19. Grabinenko E, Zhurba V. Features of functional asymmetry of the brain and the coefficient of lateralization of athletes depending on the specialization. *Heal Phys Cult Sport*. 2017;3(6):22–34.
20. Chermit KD, Shakhanova AV, Zabolotniy AG. Sports Lateral Stress (Scientific Hypothesis). *Theory and practice of physical culture*. 2014;(11):24–6.
21. Romanchuk A, Guzii O. Variability and Pattern of Spontaneous Respiration in Different Types of Cardiac Rhythm Regulation of Highly Trained Athletes. *Int J Hum Mov Sport Sci*. 2020;8(6):483–93. doi: 10.13189/saj.2020.080622
22. Shlyk N. *Serdechnyi ritm i tip regulyatsii u detei, podrostkov i sportsmenov* [Heart Rate and the Type of Regulation in Children, Adolescents, and Athletes]. Izhevsk: Udmurt Univ; 2009. [Russian]
23. Pivovarov V. The computerized motion meter. *Biomedical Engineering*. 2006; 40 (2):74-7. doi: 10.1007/s10527-006-0046-2
24. Sorokina N, Selitskiy G, Ilina Ye, Zherdeva A. Mezhpulusharnaya asimmetriya bioelektricheskoy aktivnosti golovnogo mozga i osobennosti regulyatsii serdechnogo ritma u patsiyentov s migren'yu i epilepsiyey. [Interhemispheric asymmetry of brain bioelectrical activity and features of heart rate regulation in patients with migraine and epilepsy]. *Asimmetria*. 2018;12(1):42–54. [Russian]

УДК 61:796.015.6

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕНСОМОТОРНЫХ РЕАКЦИЙ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

Романчук А. П., Гузий О. В., Маглёвский А. В.

Резюме. Целью данного исследования был сравнительный анализ сенсомоторных реакций у высококвалифицированных спортсменов с различными типами регуляции сердечного ритма

Материалы и методы. Были обследованы 202 высококвалифицированных спортсмена мужского пола в возрасте 22,6±2,8 лет, занимающихся ациклическими видами спорта, - единоборства (каратэ, тхэквондо, кикбоксинг, бокс, вольная борьба, греко-римская борьба, дзюдо, самбо) и игры (водное поло, футбол). Стаж занятий спортом составлял 10,3±3,1 года. Все исследования проводились в предсоревновательном периоде в утренние часы.

По данным исследования показателей вариабельности сердечного ритма у спортсменов определялся тип регуляции сердечного ритма. Согласно определенных типов были сформированы 4 группы. 1 группу (I тип) составили 42 спортсмена, 2 (II тип) - 28 спортсменов, 3 (III тип) - 88 спортсменов, 4 (IV тип) – 44 спортсмена. Исследование сенсомоторной функции проводилось с использованием прибора КИД-3.

Результаты исследования. Показано, что наиболее сбалансированными сенсомоторные реакции являются у спортсменов с III типом регуляции сердечного ритма. Наиболее напряженными сенсомоторные реакции отмечаются при II типе регуляции сердечного ритма, что отображается в выраженной центральной асимметрии управления движениями с ускорением слева на фоне ухудшения точности движений правой (за счет флексоров) и левой (за счет экстензоров) конечностями, и преобладания праворукости. Достаточно напряженными являются сенсомоторные реакции при IV типе регуляции сердечного ритма, характеризующиеся замедлением реакций на синаптическом и периферическом уровнях. При I типе регуляции сердечного ритма нарушения, которые отмечаются на центральном уровне регуляции, касаются асимметрии процессов кратковременной двигательной памяти, существенно снижающиеся за счет процессов в левом полушарии.

Вывод. В работе показано, что различия регуляторного обеспечения сердечного ритма у высококвалифицированных спортсменов сопровождаются характерными отличиями сенсомоторной функции. Последнее может быть полезным для диагностики и последующей коррекции состояний, связанных с развитием перенапряжения и перетренированности.

Ключевые слова: типы автономной регуляции, сердечный ритм, сенсомоторные реакции, спортсмены.

UDC 61:796.015.6

Comparative Characteristics of Sensorimotor Reactions of Highly Qualified Athletes with Different Types of Heart Rate Regulation

Romanchuk A. P., Guzii O. V., Maglyovanyi A. V.

Abstract. The purpose of the study was a comparative analysis of sensorimotor reactions in highly trained athletes with different types of heart rate regulation.

Materials and methods. 202 highly trained male athletes aged 22.6 ± 2.8 years, who are engaged in acyclic sports – martial arts (karate, taekwondo, kickboxing, boxing, freestyle wrestling, Greco-Roman wrestling, judo, sambo) and games (water polo, soccer) were examined. The experience in sports was 10.3 ± 3.1 years. All studies were conducted in the pre-competition period in the morning.

Based on the study of heart rate variability in athletes, the type of heart rate regulation was determined. The basis for determining the types of regulation is the classification of heart rate variability indicators, taking into account their inclusion in certain limits. Heart rate variability indicators that reflect the dual-circuit model of heart rate regulation and are used for diagnosis include: total heart rate variability – total power (ms^2), very low frequency (ms^2), and stress-index (e.u.), which reflect the various chains of regulatory effects on heart rate.

According to certain data types, 4 groups were formed. 1 group (type I) consisted of 42 athletes, 2 (type II) – 28 athletes, 3 (type III) – 88 athletes, 4 (type IV) – 44 athletes. The study of sensorimotor function was performed using the device KMM-3.

Results and discussion. It is shown that the most balanced sensorimotor reactions are in athletes with type III regulation of heart rate. The most strain sensorimotor reactions are observed in type II regulation of heart rate, which is reflected in the pronounced central asymmetry of movement control with acceleration to the left against the background of deteriorating accuracy of right (due to flexors) and left (due to extensors) limbs, and the right-hand predominance. Sensorimotor reactions are quite strain in type IV of heart rate regulation, which is characterized by slow reactions at the synaptic and peripheral levels. In type I of heart rate regulation, the disorders observed at the central level of regulation relate to the asymmetry of short-term motor memory processes, which are significantly reduced in the left hemisphere.

Conclusion. The study shows that the differences in the regulatory support of heart rate in highly qualified athletes are accompanied by characteristic differences in sensorimotor function. The latter can be useful for the diagnosis and further correction of conditions associated with the development of overexertion and over-training.

Keywords: types of autonomous regulation, heart rate, sensorimotor reactions, athletes.

ORCID and contributionship:

Oleksandr P. Romanchuk: 0000-0001-6592-2573 ^{A,B,C,F}

Oksana V. Guzii: 0000-0001-5420-8526 ^{A,B,C,D}

Anatolii V. Mahlovanyi: 0000-0002-1792-597X ^{E,F}

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis,
C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article,
E – Critical review, F – Final approval of the article

CORRESPONDING AUTHOR

Oleksandr P. Romanchuk

Lviv State University of Physical Culture,
Department of Sports Medicine, Human Health
11, Kostiuszko Str., Lviv 79007, Ukraine
tel: +380637357566, e-mail: doclfc@ua.fm

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 coauthors of the article.

Стаття надійшла 30.08.2021 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування