

DOI: 10.26693/jmbs05.03.351

УДК 61:796.015.6

Гузій О. В.¹, Романчук О. П.², Магльований А. В.³

СЕНСОМОТОРНІ ПОКАЗНИКИ ЯК КРИТЕРІЇ ВПЛИВУ ІНТЕНСИВНИХ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ОРГАНІЗМ СПОРТСМЕНА

¹ Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського, Україна² Одеський медичний інститут Міжнародного гуманітарного університету, Україна³ Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, Україна

o.guzij@gmail.com

Дослідження сенсомоторної функції використовують для оцінки функціонального стану центральної нервової системи, сенсорної чутливості, розвитку моторики, психофізіологічних і нейрофізіологічних параметрів функціонування головного мозку.

Мета – визначити показники сенсомоторної функції високо-кваліфікованих спортсменів, які є інформативними щодо впливу фізичних навантажень та відновлення організму після них.

Для реалізації мети використовувався комп'ютерний вимірювач рухів (КВР), обстеження з застосуванням якого проводилось перед тренуванням (K_1), одразу після нього (K_2), а також наступного після тренування ранку (K_3).

Обстеження висококваліфікованих спортсменів різних видів спорту показало, що до інформативних показників сенсомоторної функції, пов'язаних з впливом інтенсивних фізичних навантажень, в першу чергу, можна віднести показники, які, на нашу думку, характеризують слідові ефекти виконання тренувальних фізичних навантажень – реакцію на зоровий об'єкт, швидкість виконання дії, які є фізіологічними властивостями, що забезпечують ефективність спортивної діяльності, особливо в ациклічних видах спорту. Тим більше, що у періоді відновлення (K_3) більшість показників повертаються до вихідного рівня, або мають чітко виражену тенденцію до цього.

Більшої уваги в цьому плані заслуговує параметр перемикання центральних установок (с), який характеризує центральний механізм регуляції, а саме перемикання в префронтальній зоні кори головного мозку, яка відповідальна за увагу. В той же час збільшення у часі цього параметра свідчить про погіршення можливостей модифікації виконуваних дій та погіршення рухової адаптації спортсменів. Найбільш інформативним даний показник може бути у визначенні перевтоми.

Показано, що параметр перемикання центральних установок (с) при виконанні тесту правою ру-

кою 2,04 (1,21; 3,77), на наступний після тренування ранок значно відрізняється від вихідних значень 1,62 (1,07; 3,08), ($p < 0,05$), його значень після тренувального навантаження 1,57 (1,13; 3,36), ($p < 0,05$), а також значень, отриманих при тестуванні лівою рукою 1,67 (1,24; 2,35), ($p < 0,05$).

Можна припустити, що показник перемикання центральних установок є найбільш інформативним. Він характеризує механізми регуляції в префронтальній зоні кори головного мозку, а також сигналізує про погіршення рухової адаптації спортсменів.

Ключові слова: спортсмени, нейрофізіологічні параметри, сенсомоторна функція, перемикання центральних установок.

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», 2016 -2020 рр.

Вступ. Визначення сенсомоторної функції є перспективним напрямком дослідження психофізіологічних особливостей організму. Багато вітчизняних та зарубіжних вчених використовують діагностику сенсомоторної функції для вивчення когнітивних процесів [1, 2, 3], оцінки функціонального стану центральної нервової системи (ЦНС) [4], сенсорної чутливості [5], розвитку моторики, психофізіологічних і нейрофізіологічних параметрів функціонування головного мозку [6]. Завдяки своїй простоті і інформативності, сенсомоторні тести все частіше використовуються в діагностиці порушень психофізичного розвитку дітей, при захворюваннях і травмах ЦНС, а також у спортсменів [7, 8].

Дослідження функціональних можливостей центральної нервової системи з урахуванням швидкості і влучності виконання сенсомоторних тестів дозволяє виявити функціональні зрушення в умовах мінливої аферентації [9].

Загальною структурною схемою організації сенсомоторних процесів є рефлекторне кільце [10]. Сенсорна інформація, яка прямує від аналізаторів, здійснює запуск, регуляцію і контроль рухів. Крім того, в процесі безпосереднього виконання рухів вони коригуються з урахуванням нової сенсорної інформації. Координація сенсорних і моторних компонентів рухового акту – найважливіша умова функціонування сенсорних систем [11].

При цьому відбувається складна взаємодія висхідного потоку збуджень з керуючими імпульсами із мовленнєвих відділів кори головного мозку, які можуть вибірково посилювати або пригніблювати роботу окремих нервових структур, приймаючи на себе роль вищого акцептора результату дії і визначаючи складну динаміку психофізіологічного процесу як в його аферентній і центральній частині, так і в ділянці низхідних ефекторних систем [12, 13].

Сенсомоторні реакції в першу чергу характеризуються таким психофізіологічним поняттям, як «час реакції», під яким звично розуміють інтервал часу між появою сигналу і реакцією відповіді.

Це комплексне утворення, яке визначається сумарною сукупністю таких елементів [14]:

- швидкість збудження рецептора і посилення імпульсу в відповідний центр чуттєвості;
- швидкість переробки сигналу в ЦНС;
- швидкість прийняття рішення про реагування на сигнал;
- швидкість передачі сигналу до початку дій по еферентних волокнах;
- швидкість розвитку збудження в м'язі і подолання інерції тіла або його окремої ланки.

З огляду на відомі методи визначення властивостей ЦНС, всі вони базуються на активних діях на сферу умовно-рефлекторної діяльності або через зміну рівня мотивації, або через штучну зміну збудливості ЦНС при введенні медичних препаратів, або шляхом зміни сили використовуваних подразників, порядку їх використання, зміни їх просторово-часових характеристик, або шляхом оцінки швидкості реагування на гальмівні і збуджуючі сигнали.

Відтворення усіх перерахованих способів в практиці експрес-діагностики основних властивостей нервової системи людини або повністю виключено, або надзвичайно трудомістко, тому упродовж багатьох років ведуться пошуки досить простих, але об'єктивних тестів визначення основних властивостей ЦНС – сили і функціональної рухливості

нервових процесів, балансу збудливо-гальмівних процесів [11].

Мета дослідження – визначити показники сенсомоторної функції висококваліфікованих спортсменів, які є інформативними щодо впливу фізичних навантажень та відновлення організму після них.

Матеріал та методи дослідження. Алгоритм нашого обстеження передбачав дослідження рутинних фізіологічних параметрів та показників, які засвідчують зміни сенсомоторної системи за впливу інтенсивних фізичних навантажень, а також у період відновлення після них. Для дослідження сенсомоторної системи використовувався комп'ютерний вимірювач рухів (КВР) [14, 15], обстеження з застосуванням якого проводилось перед тренуванням (K_1), одразу після нього (K_2), а також наступного після тренування ранку (K_3).

Згідно даного алгоритму з використанням КВР були обстежені 202 висококваліфікованих спортсмена чоловічої статі віком $22,6 \pm 2,8$ років. Стаж занять спортом складав $10,3 \pm 3,1$ роки. З урахуванням рівня спортивної майстерності спортсмени розподілились наступним чином: 69 – кандидати в майстри спорту, 70 – майстри спорту, 54 – майстри спорту міжнародного класу, 9 – заслужені майстри спорту. В нашому дослідженні приймали участь висококваліфіковані спортсмени ациклічних видів спорту, а саме різних видів однокорств (карате, тхеквондо, кікбоксінг, бокс) та ігор (водне поло, футбол). Дослідження проводились за впливу різних за спрямованістю інтенсивних фізичних навантажень, які виконувались у підготовчому, передзмагальному та змагальному періодах річного тренувального циклу спортсменами різних видів спорту.

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.

За допомогою КВР-3 за результатами виконання трьох простих рухових тестів (рис. 1-3), які виконуються правою та лівою рукою, 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 ПКЕ), плавність рухів (ПР, %), баланс екстензорів і флексорів при візуальному контролі і без нього (БЕФвіз і БЕФ), а також коефіцієнт моторної асиметрії управління рухами [15].

Методика першого тесту полягає у виконанні поворотів важеля в горизонтальній площині вправо-вліво в діапазоні, позначеному світловими маркерами. Випробовуваному пропонують рухати важіль між двома світлодіодами, які світяться, з максимально можливою швидкістю і з максимально можливою точністю. У цьому ж тесті перед обстежуваним ставиться завдання екстреної перебудови рухової установки, коли змінюється пара світлодіодів, що світяться. Умови першого тесту найбільш оптимальні для реалізації зорово контрольованих рухів. Перша фаза руху (балістична) реалізується без участі систем зворотного зв'язку за рахунок включення механізмів збудження (250-300 мс). Друга фаза – коригування руху і точна підгонка курсору до цілі – здійснюється з урахуванням інформації, що поступає каналами зворотного зв'язку (кінестетичному і зоровому) за рахунок гальмівних механізмів.

При цьому відбувається запис кінематограми (рис. 1). За даними кінематограми розраховуються параметри: ТЦР, ПЦУ, ЧРЕ, ЧРФ, ПКФ, ПКЕ та ПР.

Структура рухів, що реалізуються при основних тестах на КВР, носить ритмічний характер, у зв'язку з чим плавність руху (ПР) оцінюється на основі співвідношення гармонік спектру Фур'є, як частка основної гармоніки у відсотках. Чим більшою є частка основної частоти, тим вища ПР. Низька ПР свідчить про невірноваженість збудливо-гальмівних процесів (може спостерігатися, наприклад, при неврозах, недорозвиненні лобових долей, ДЦП). Нерівномірність руху однієї руки може бути ознакою порушень в протилежній півкулі мозку. В той же час показник перемикання центральних установок (ПЦУ) тісно пов'язаний із функцією уваги, за яку відповідальна префронтальна зона кори головного мозку. Крім того, цей показник свідчить про здатність індивідуума модифікувати просторово-часові характеристики, вже здійснюваної дії при раптовій зміні сигналів із зовнішнього середовища або рухової адаптації індивідуума до нових сигналів.

Другий тест призначений для оцінки рухової діяльності при знятті зорового контролю. Під час

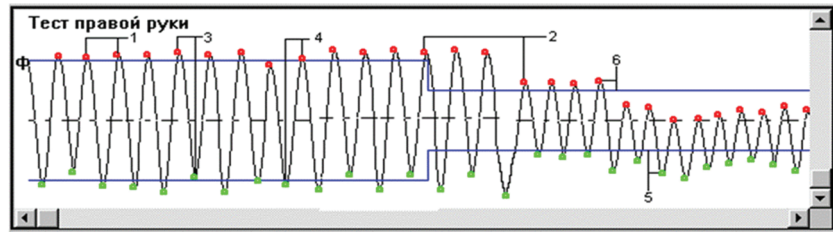


Рис. 1. Кінематограма 1 тесту, де:
1 – ТЦР, 2 – ПЦУ, 3 – ЧРФ, 4 – ЧРЕ, 5 – ПКФ, 6 – ПКЕ

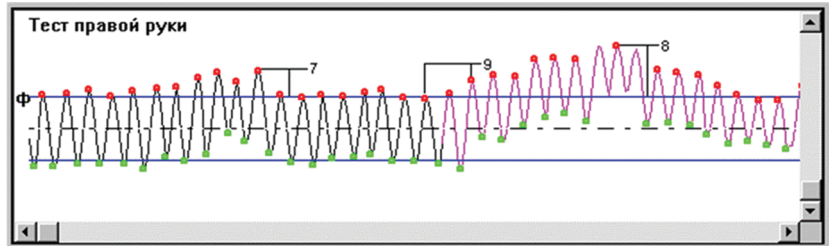


Рис. 2. Кінематограма 2 тесту, де:
7 – БЕФв, 8 – БЕФ, 9 – КРП

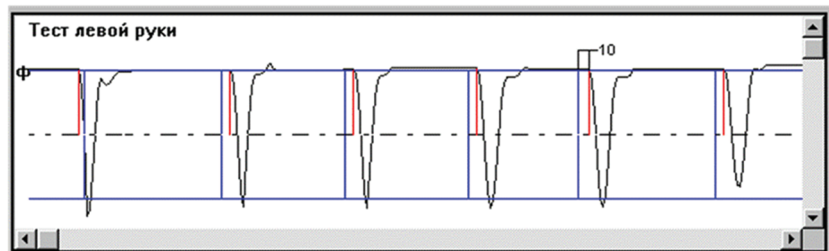


Рис. 3. Кінематограма 3 тесту, де:
10 – ЧРС (ЧРЗ)

першої частини цього тесту виконуються рухи в таких же умовах, що й у першому тесті, а потім, після сигналу, рухи продовжуються із заплющеними очима. Успішне виконання даного тесту вимагає реалізації короткотермінової рухової пам'яті або переходу на пропріоцептивний контур керування рухами. У тесті на виконання руху заданої амплітуди із заплющеними очима оцінюється моторна пам'ять за величиною зміщень граничних положень важеля при роботі із заплющеними очима у порівнянні з цим же показником за останні 10 с. режиму роботи із зоровим контролем. Негативні значення цієї величини вказують на переважання флексорів, позитивні – на переважання екстензорної фази руху (рис. 2).

Третій тест розроблений для виміру латентного періоду простої рухової реакції на світловий (спалах світлодіода на панелі) і звуковий (клацання динаміка) подразники. У відповідь на стимул досліджуваний повинен зробити максимально швидке зміщення важеля з довільною амплітудою і

повернути курсор в початкове положення. Особливість цього виміру полягає в тому, що реакція організму не у вигляді простого замикання кнопки, а у вигляді зрушення важеля з позначеної мітки (рис. 3).

З урахуванням даних тестування розраховується коефіцієнт моторної асиметрії (КА). КА більший 10% свідчить про праворукість, а менше - 10% - про ліворукість, проміжні значення оцінюються як дворукість (амбідекстри) [10]. Перевищення КА більше 30% та його зменшення нижче -30% засвідчує виражене переважання (латералізація) моторної функції лівої півкулі (виражена праворукість) та виражене переважання моторної функції правої півкулі (виражена ліворукість), відповідно.

Результати дослідження та їх обговорення.

Під час дослідження, в першу чергу, було проведено аналіз антропометричних параметрів визначених згідно відомих методик [16], результати яких представлені у таблиці 1.

Таблиця 1 - Пересічні значення антропометричних вимірів дослідженої групи спортсменів, М (Q₁; Q₃)

Показник	Значення
Маса тіла, кг	72,0 (62,0; 82,0)
Довжина тіла, см	179,0 (170,0; 185,0)
ІМТ, кг/м ²	22,5 (20,9; 25,2)
Площа тіла, м ²	1,92 (1,74; 2,04)
Обвід грудної клітки (спокій), см	96,0 (91,0; 101,0)
Екскурсія, см	7,0 (5,0; 8,0)
Обвід черева, см	78,0 (74,0; 86,5)
Обвід стегна, см	52,0 (48,0; 56,5)
СІ, %	64,4 (59,5; 68,9)
ЖЄЛ, мл	4800 (4400; 5600)
ЖІ, мл/кг	67,9 (61,9; 73,1)
належна ЖЄЛ, мл	4438,3 (4214,7; 4636,6)
Приріст ЖЄЛ, %	10,1 (2,0; 21,1)
Вміст жиру, %	11,8 (8,7; 18,1)

З огляду на отримані антропометричні показники слід зазначити достатньо високий рівень фізичного розвитку висококваліфікованих спортсменів за всіма параметрами. Проте, у низки з них можна прогнозувати наявність надмірної маси тіла, що визначається показниками ІМТ (Q₃) – 25,2, кг/м² та вмісту жиру (Q₃) – 18,1%, що є надмірним для чоловіків. Останнє можна пояснити низкою обстежень у підготовчому періоді тренувального циклу, коли спортсмени повертаються до активних тренувань після відпочинку.

Доповнюють отримані дані результати рутинних вимірювань серцево-судинної системи та ви-

значення різних інтегральних показників стану організму спортсменів, які розраховувались за відомими формулами (табл. 2).

Таблиця 2 - Пересічні значення рутинних вимірів показників серцево-судинної системи та інтегральних індексів дослідженої групи спортсменів, М (Q₁; Q₃)

Показник	Значення
ЧСС, хв. ⁻¹	60 (54; 66)
АТС, мм рт.ст.	120 (110; 130)
АТД, мм рт.ст.	70 (64; 80)
ЧД, хв. ⁻¹	15 (11; 17)
ІК, у.о.	-0,19 (-0,35; -0,05)
ІР, у.о.	71,8 (64,6; 81,8)
Адаптаційний потенціал Баєвського, у.о.	2,02 (1,87; 2,25)
РФС за Пироговою, у.о.	0,746 (0,672; 0,822)

Тобто, з урахуванням відомих даних пересічний функціональний стан кардіореспіраторної системи висококваліфікованих спортсменів можна охарактеризувати як високий та вище середнього рівнів.

У табл. 3 представлені результати дослідження сенсомоторної функції спортсменів до (К₁), після (К₂) та наступного після тренування ранку (К₃).

Як видно з результатів, після інтенсивного фізичного навантаження (К₂) в цілому по групі обстежених спортсменів відбувається декілька значущих змін показників сенсомоторної функції, які стосуються ТЦР (с) правою та лівою руками з 0,41 (0,34; 0,49) та 0,41 (0,35; 0,52) до 0,37 (0,32; 0,43) та 0,38 (0,33; 0,43), відповідно (p<0,01), пов'язаних з нею ЧРФ (с) та ЧРЕ (с) правою та лівою руками (p<0,01), а також ЧРС (с) правою та лівою руками з 0,16 (0,14; 0,18) та 0,15 (0,13; 0,17) до 0,15 (0,13; 0,16) та 0,14 (0,13; 0,16), (p<0,05) та (p<0,05), відповідно. При цьому всі інші показники або не змінюються, або змінюються не значуще.

Наступного після тренування ранку (К₃), коли відбуваються процеси відновлення після інтенсивного фізичного навантаження всі змінні параметри мають зворотну тенденцію. Тобто, наближаються в тому або іншому ступені до вихідних (К₁). Проте, за їх значеннями можна припустити, що швидкість їх повернення різна. Це є підтвердженням теорії функціональної асиметрії, яка вивчається багатьма дослідниками і враховується в методиках тренування на всіх етапах навчально-тренувального процесу спортсменів [17, 18].

Остеронь від усіх показників знаходиться параметр ПЦУ (с) правою рукою 2,04 (1,21; 3,77), який наступного після тренування ранку значуще відрізняється від вихідних значень 1,62 (1,07; 3,08),

($p < 0,05$) та значень після тренувального навантаження 1,57 (1,13; 3,36), ($p < 0,05$), а також значень цього параметру, отриманого при тестуванні лівою рукою 1,67 (1,24; 2,35), ($p < 0,05$). Останнє погоджується з даними, отриманими при дослідженні іншими фахівцями, які присвячені вивченню сенсомоторних реакцій кваліфікованих спортсменів та засвідчують, що існує зв'язок між ними та трофотропними і ерготропними процесами, які забезпечують підтримання гомеостатичної рівноваги і мобілізацію пристосувальних до умов середовища механізмів [12, 20]. Отримані нами результати підтверджують асиметрію збудливо-гальмівних процесів у великих півкулях головного мозку, а саме в префронтальних зонах кори [21], що свідчить про відмінності переміщення трофотропних та ерготропних процесів у організмі спортсменів у період відновлення.

Тобто, обстеження висококваліфікованих спортсменів різних видів спорту показало, що до інформативних показників сенсомоторної функції, пов'язаних з впливом інтенсивних фізичних навантажень, в першу чергу, можна віднести показники, які, на нашу думку, характеризують слідові ефекти виконання тренувальних фізичних навантажень – реакцію на зоровий об'єкт, швидкість виконання дії, які є фізіологічними властивостями, що забезпечують ефективність спортивної діяльності, особливо в ациклічних видах спорту. Тим більше, що у періоді відновлення (K_3) більшість показників повертаються до вихідного рівня, або мають чітко виражену тенденцію до цього.

Більшої уваги в цьому плані заслуговує параметр ПЦУ (с), який характеризує центральний механізм регуляції, а саме перемикання в префронтальній зоні кори головного мозку, яка відповідальна за увагу. В той же час збільшення у часі цього параметра свідчить про погіршення можливостей

Таблиця 3 - Зміни пересічних значень показників сенсомоторної функції дослідженої групи спортсменів, М (Q_1 ; Q_3)

Показник	Сторона	Значення		
		K_1	K_2	K_3
ТЦР, с	Л	0,41 (0,35; 0,52)	0,38 (0,33; 0,43) **	0,40 (0,34; 0,46) #
	П	0,41 (0,34; 0,49)	0,37 (0,32; 0,43) **	0,38 (0,34; 0,45) #
ПЦУ, с	Л	1,62 (1,15; 2,42)	1,49 (1,07; 2,29)	1,67 (1,24; 2,35)
	П	1,62 (1,07; 3,08)	1,57 (1,13; 3,36)	2,04 (1,21; 3,77) **
ЧРФ, с	Л	0,21 (0,17; 0,26)	0,19 (0,16; 0,21) **	0,20 (0,17; 0,23)
	П	0,21 (0,17; 0,26)	0,19 (0,16; 0,22) **	0,20 (0,17; 0,23)
ЧРЕ, с	Л	0,21 (0,17; 0,25)	0,18 (0,16; 0,21) **	0,19 (0,17; 0,22) *
	П	0,21 (0,17; 0,25)	0,19 (0,16; 0,22) **	0,19 (0,17; 0,22) *
КРП, с	Л	1,49 (0,33; 6,43)	1,49 (0,33; 5,28)	1,52 (0,53; 3,96)
	П	1,38 (0,38; 4,51)	1,65 (0,41; 5,31)	1,63 (0,61; 5,06)
ЧРС, с	Л	0,15 (0,13; 0,17)	0,14 (0,13; 0,16) *	0,15 (0,13; 0,17)
	П	0,16 (0,14; 0,18)	0,15 (0,13; 0,16) *	0,15 (0,14; 0,17)
ЧРЗ, с	Л	0,15 (0,13; 0,17)	0,15 (0,13; 0,17)	0,14 (0,13; 0,16)
	П	0,15 (0,13; 0,17)	0,15 (0,13; 0,17)	0,15 (0,13; 0,16)
ПКФ,	Л	3,05 (2,46; 4,25)	3,42 (2,53; 4,43)	2,87 (2,33; 3,92)
	П	3,34 (2,23; 4,20)	2,99 (2,49; 4,17)	2,68 (2,20; 3,95)
ПКЕ,	Л	3,56 (2,34; 5,06)	3,21 (2,34; 5,22)	3,19 (2,35; 4,64)
	П	2,76 (1,98; 3,77)	2,76 (2,20; 3,40)	2,78 (1,95; 3,61)
ПР, %	Л	67,3 (28,9; 86,9)	44,8 (19,0; 84,6)	52,4 (23,2; 85,4)
	П	34,6 (22,7; 83,5)	44,5 (27,7; 84,9)	39,8 (19,3; 72,9)
БЕФВ,	Л	2,59 (-3,82; 8,04)	2,66 (-5,61; 8,32)	2,87 (-2,83; 8,13)
	П	3,14 (-2,33; 8,50)	1,06 (-4,10; 6,29)	1,89 (-2,70; 7,88)
БЕФ,	Л	-4,44 (-15,71; 8,00)	-3,68 (-23,75; 8,02)	0,05 (-18,16; 8,57)
	П	1,91 (-14,66; 12,81)	-2,17 (-14,06; 8,29)	-0,75 (-15,19; 10,75)
КА,		8,71 (-6,72; 18,60)	5,32 (-6,12; 19,34)	8,65 (-7,20; 19,93)

Примітки: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$ між K_2 і K_3 з K_1 . # - $p < 0,05$; між K_3 з K_2 .

модифікації виконуваних дій та погіршення рухової адаптації спортсменів. Найбільш інформативним даний показник може бути у визначенні перевтоми, адже на думку багатьох дослідників саме активність лівої півкулі мозку збільшується в станах тривоги і напруження, а також при адаптації до нових умов життя [10, 13].

Висновок. Дослідження показників сенсомоторної функції у висококваліфікованих спортсменів виявило, що найбільш інформативним є ПЦУ, який характеризує механізми регуляції в префронтальній зоні кори головного мозку, а також сигналізує про погіршення рухової адаптації спортсменів.

Перспективи подальших досліджень стосуються аналізу у спортсменів з погіршенням перемикання центральних установок рухових дій функціонального стану організму спортсменів, а саме кардіореспіраторної системи, що може сприяти визначенню ранніх критеріїв розвитку перевтоми, перенапруження, перетренованості.

References

1. Bruno N, Battaglini PP. Integrating perception and action through cognitive neuropsychology (broadly conceived). *Cogn Neuropsychol*. 2008; 25: 879-90.
2. Chikurov AI, Fedorov VI, Voinich AL, Khudik SS. Directed asymmetric power action as effectivization factor in sprint coaching. *Journal of Physical Education and Sport*. 2016; 16 (4): 1287–92.
3. Mittl V, Németh Z, Berényi K, Mintál T. Mind Does Matter: The Psychological Effect of Ankle Injury in Sport. *J Psychol Psychother*. 2016; 6: 278. doi: 10.4172/2161-0487.1000278
4. 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]
5. 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]
6. Romanchuk AP. K Voprosu tipirovaniya sensomotornykh reaktsiy u sportsmenov [The question sensorimotor reactions typing in athletes]. *Vestnyk sportyvnoy nauky*. 2007; 2: 38–42. [Russian]
7. Romanchuk AP. Kontseptualnyie predposylki sanogeneticheskogo monitoringa lits, zanimayuschihsya fizicheskoy kulturoy i sportom [Conceptual Preconditions of Sanogenetical Monitoring of Persons Engaged in Physical Culture and Sports]. *Theory and practice of physical culture*. 2003; 1: 50-3. [Russian]
8. Carello C, Wagman JB. Mutuality in the perception of affordances and the control of movement. *Adv Exp Med Biol*. 2009; 629: 273-92.
9. Kavalerskiy GM, Ternovoy KS, Bogachev VY, Romanchuk AP, Nikushkina NE, Lebedeva MA. Metodika ocenki funktsional'nogo sostoyaniya psihomotornoj reguljacii u bol'nyh so spinnomozgovoy travmoy [Methods assess the functional state of psychomotor regulation in patients with SCI]. *Journal of restorative medicine and rehabilitation*. 2012; 3: 12-5. [Russian]
10. Gutnik BI, Pankova NB, Karganov MYu, Nash D. Vzaimootnosheniya mezhdru inertsialnymi osobennostyami verkhnikh konechnostey i vremeni prostoy sensomotornoy reaktsiy u yunoshey i devushek 16-17 let. [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.
11. Bezrukih MM, Kiselev MF, Komarov GD, Kozlov AP, Kurneshova LE, Landa SB, 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.
12. 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]
13. Korobeynikov GV, Korobeinikova LG, Richok TM, Mischenko VS. 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]
14. Noskin LA, Krivosheeva VF, Kuchma VR, Rummyantseva AG, Noskin VA, Komarov GD, et al. *Pedagogicheskaya sanologiya* [Pedagogical sanology]. M: MIOO; 2005. 224 s. [Russian]
15. Pivovarov VV. The computerized motion meter. *Biomedical Engineering*. 2006; 40 (2): 74-7. doi: 10.1007/s10527-006-0046-2
16. Abramov VV, Klapchuk VV, Nekhaneych OB, et al. *Fizychna reabilitatsiya, sportyvna medytsyna* [Physical rehabilitation, sports medicine]. Dnipropetrovsk: Zhurfond; 2014. 456 p. [Ukrainian]
17. Vovkanych L, Dunets-Lesko A, Penchuk A, Kachmar P. Osoblyvosti sensomotornykh reaktsiy sportsmeniv riznykh sportyvnykh spetsializatsiy [Features of sensorimotoricreactions of the athletes of diferent sports specialties]. *Physical activity health and sport*. 2015; 2(20): 17-26. [Ukrainian]
18. Khudik SS, Chikurov AI, Voynich AL, Radaeva SV. Funktsyonalnaya asymmetrya kak byologicheskyy fenomen, soputstvuyushchyy sportyvnomu rezultatu [Functional asymmetry as a biological phenomenon associated with athletic performance]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal*. 2017; 421: 193-202. [Russian]. DOI: 10.17223/15617793/421/29
19. Shutova SV, Muravyova IV. Sensomotornye reaktsyy kak kharakterystyka funktsyonalnogo sostoyaniya TsNS [Sensorimotor reactions as characteristics of functional state of CNS]. *Vestnyk TGU*. 2013; 18(5): 2831-40. [Russian]
20. 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.
21. Korobeynikov G, Korobeinikova L, Volsky 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]

УДК 61:796.015.6

**СЕНСОМОТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАК КРИТЕРИИ ВЛИЯНИЯ
ИНТЕНСИВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ОРГАНИЗМ СПОРТСМЕНА****Гузій О. В., Романчук А. П., Магльованый А. В.**

Резюме. Исследование сенсомоторной функции используют для оценки функционального состояния ЦНС, сенсорной чувствительности, развития моторики, психофизиологических и нейрофизиологических параметров функционирования головного мозга.

Цель - определить показатели сенсомоторной функции высоко-квалифицированных спортсменов, которые являются информативными в определении влияния физических нагрузок и восстановления организма после них.

Для достижения цели использовался компьютерный измеритель движений (КИД), обследование с применением которого проводилось перед тренировкой (К1), сразу после него (К2), а также следующим после тренировки утром (К3).

Обследование высококвалифицированных спортсменов различных видов спорта показало, что к информативным показателям сенсомоторной функции, связанных с воздействием интенсивных физических нагрузок, в первую очередь, следует отнести показатели, которые, по нашему мнению, характеризуют следовые эффекты выполнения тренировочных физических нагрузок – реакцию на зрительный объект, скорость выполнения движения, являющиеся физиологическими свойствами, обеспечивающими эффективность спортивной деятельности, особенно в ациклических видах спорта. Тем более, что в период восстановления (К3) большинство показателей возвращаются к исходному уровню, или имеют четко выраженную тенденцию к этому.

Большого внимания в этом плане заслуживает параметр ПЦУ (с), характеризующий центральный механизм регуляции, а точнее переключение в префронтальной зоне коры головного мозга, которая ответственна за внимание. В то же время увеличение во времени этого параметра свидетельствует об ухудшении возможностей модификации выполняемых действий и ухудшение двигательной адаптации спортсменов. Наиболее информативным данный показатель может быть в определении переутомления.

Показано, что параметр ПЦУ (с) при выполнении теста правой рукой 2,04 (1,21; 3,77), на следующее после тренировки утро значительно отличается от исходных значений 1,62 (1,07; 3,08), ($p < 0,05$), его значений после тренировочной нагрузки 1,57 (1,13; 3,36), ($p < 0,05$), а также значений, полученных при тестировании левой рукой 1,67 (1,24; 2,35), ($p < 0,05$).

Можно предположить, что показатель ПЦУ является наиболее информативным. Он характеризует механизмы регуляции в префронтальной зоне коры головного мозга, а также сигнализирует об ухудшении двигательной адаптации спортсменов.

Ключевые слова: спортсмены, нейрофизиологические параметры, сенсомоторная функция, переключение центральных установок.

UDC 61:796.015.6

**Sensorimotor Indicators as Criteria of the Intense Physical Loads Influence
on the Athlete's Body****Guzii O. V., Romanchuk A. P., Mahlovanyy A. V.**

Abstract. Studies of sensorimotor function are used to assess the functional state of the central nervous system, sensory sensitivity, development of motor skills, psychophysiological and neurophysiological parameters of brain functioning. The study of the functionality of the central nervous system, taking into account the speed and accuracy of performance of sensorimotor tests allows identifying functional shifts in conditions of variable afferentation.

The purpose of the article was to determine the indicators of the sensorimotor function of highly qualified athletes, which are informative about the influence of physical loads and recovery of the organism after it.

Material and methods. Tests before training (K1), immediately after exercise (K2), and the morning after exercise (K3) were carried out using the computerized motion meter (CMM). With the help of CMM-3, the results of three simple right and left hand movement tests were applied to determine 25 digital motion parameters: the duration of the movements cycle (DMC, sec), switching central settings (SCS, sec), implementation time of flexion and extension (ITF and ITE, sec), short-term motor memory (STMM, sec), response time to the sound stimulus (RTSS, sec), response time to the light stimulus (RTLS, sec), error correction of flexors and extensors (ECF and ECE, sec), smooth movement (SM, %), balance of extensors and flexors with and without visual control (BEVC, BFVC, BEWVC and BFWVC, %), and asymmetry factor motor control movements (Ass, %).

Results and discussion. Examination of highly skilled athletes of different sports showed that the informative indicators of sensorimotor function related to the influence of intense physical loads, in the first place, can be attributed to indices that, in our opinion, characterize the trace effects of training physical loads: reaction to visual object, the speed of action, which are physiological properties that ensure the effectiveness of sports activities, especially in acyclic sports. Moreover, during the recovery period (K_3), most indicators reveal returning to baseline or have a clear tendency to do so.

More attention in this regard deserves the switching central settings (sec), which characterizes the central mechanism of regulation, namely the switching in the prefrontal zone of the cerebral cortex, which is responsible for attention. At the same time, an increase in the time of this parameter indicates a worsening of the modification of the performed actions and a worsening of the motor adaptation of the athletes. These indices can be most informative indicators in the definition of overwork.

The study showed that the parameter switching central settings (sec) when performing the test with the right hand was 2.04 (1.21; 3.77), the morning after training the morning was significantly different from the initial values of 1.62 (1.07; 3.08), ($p < 0.05$), its values after the training load of 1.57 (1.13; 3.36), ($p < 0.05$), as well as the values obtained when testing with the left hand 1.67 (1.24; 2.35), ($p < 0.05$).

Conclusion. The obtained results allowed us to assume that the switching central settings is the most informative indicator. It characterizes the regulatory mechanisms in the prefrontal zone of the cerebral cortex, and signals the deterioration in the motor adaptation of athletes.

Keywords: athletes, neurophysiological parameters, sensorimotor function, switching of central settings.

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 19.01.2020 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування