

Взаємозалежність психофізіологічних та електронейроміографічних показників у кваліфікованих спортсменів-веслувальників

УДК 797.122:159.91+612.816

С. В. Федорчук¹, О. В. Колосова¹, О. М. Лисенко^{1,2},
О. А. Шинкарук¹

¹Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна
²Київський університет імені Бориса Грінченка, Київ, Україна

Резюме. Питання зв'язку психофізіологічних властивостей та фізіологічної реакції функціональних систем на зміни внутрішнього середовища організму найбільш гостро постає під час вивчення життєдіяльності людини в екстремальних умовах, коли стійкість до стресу й ефективність адаптації до змін умов життя багато в чому визначається психофізіологічними особливостями індивіда та його індивідуальною реактивністю. Одним з методів прогнозування надійності та успішності змагальної діяльності є моніторинг стану психофізіологічних функцій, а також функціонального стану нервово-м'язової системи спортсмена. *Мета.* Проведення кореляційного аналізу психофізіологічних та електронейроміографічних показників у кваліфікованих спортсменів-веслувальників. *Методи.* Теплінг-тест, електронейроміографічне дослідження, методика визначення швидкості проведення нервового імпульсу по моторних та сенсорних волокнах серединного нерва верхньої кінцівки. *Результати.* Кореляційний аналіз отриманих даних за критерієм Spearman показав, що з віком та спортивним стажем були пов'язані як деякі психофізіологічні, так і (меншою мірою) електронейроміографічні показники. З віком і зі збільшенням стажу спортивного тренування дещо збільшувався моторний компонент сенсомоторних реакцій, разом з тим зменшувався час центральної обробки інформації, крім того зростала стабільність сенсомоторних реакцій. Амплітуда м'язових відповідей у деяких випадках зменшувалася з віком і збільшенням спортивного стажу. Спортсмени з вищою швидкістю реакції на зоровий стимул мали вищу швидкість проведення нервового імпульсу по моторних та сенсорних волокнах серединного нерва, який іннервує м'язи-згиначі вказівного пальця руки, котрі беруть участь у реалізації руху для відповіді на стимул. Спортсмени з вищою швидкістю реакції на зоровий стимул та динамічною м'язовою витривалістю під час рухів кисті мали також вищу амплітуду м'язових відповідей на стимуляцію моторних та сенсорних волокон. Отримані дані можуть зробити внесок у розкриття механізмів функціонування нервово-м'язової системи людини, зокрема в умовах адаптації до довготривалого фізичного навантаження у спорті.
Ключові слова: спортсмени високої кваліфікації, стан психофізіологічних функцій, швидкість проведення нервового імпульсу, веслування на байдарках і каное.

Relationship between psychophysiological and electroneuromyographic parameters in elite rowers

¹National University of Ukraine on Physical Education and Sport, Kyiv, Ukraine

²Borys Grinchenko University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Abstract. The issue of the relationship between psychophysiological characteristics and physiological response of the functional systems to alterations in the internal environment of the body is most acute in the case of studying how the human body works in extreme conditions, when resistance to stress and efficiency of adaptation to changes in living conditions is largely determined by psychophysiological characteristics of the individual and their individual reactivity. One of the methods of predicting the reliability and success of competitive activity is to monitor the state of

psychophysiological functions, as well as the functional state of the athlete's neuromuscular system. *Objective.* To carry out the correlation analysis of psychophysiological and electroneuromyographic parameters of elite rowers. *Methods.* Tapping test, electroneuromyographic study, technique of measuring the conduction velocity in motor and sensory fibers of the median nerve of the upper limb. *Results.* A correlation analysis of the data that was performed using the Spearman test showed that both psychophysiological and (to a lesser extent) electroneuromyographic parameters were associated with age and athletic experience. The increase in age and duration of sports training was accompanied by the slight increase in the motor component of sensorimotor response, in addition the time of central information processing decreased and the stability of sensorimotor response increased. The amplitude of muscle responses in some cases decreased with age and increasing athletic experience. Athletes with a higher response rate to a visual stimulus had a higher conduction velocity in the motor and sensory fibers of the median nerve, which innervates the flexor muscles of the index finger involved in stimulus response. Athletes with a higher rate of response to visual stimuli and dynamic muscular endurance during hand movements also had higher amplitudes of muscle responses to the stimulation of motor and sensory fibers. The data obtained may contribute to the discovery of the mechanisms of functioning of the human neuromuscular system, in particular in the context of adaptation to prolonged physical exercise in sports.

Keywords: elite athletes, the state of psychophysiological functions, nerve conduction velocity, kayaking and canoeing.

Постановка проблеми. Питання зв'язку психофізіологічних властивостей та фізіологічної реакції функціональних систем на зміни внутрішнього середовища організму найбільш гостро постає під час вивчення життєдіяльності людини в екстремальних умовах, коли стійкість до стресу й ефективність адаптації до змін умов життя багато в чому визначається психофізіологічними особливостями індивіда та його індивідуальною реактивністю [8, 11, 18, 21, 24]. Одним з методів прогнозування надійності та успішності змагальної діяльності є моніторинг стану психофізіологічних функцій, а також функціонального стану нервово-м'язової системи спортсмена [8, 18, 22].

Відомо, що напружена тренувальна і змагальна діяльність може змінювати нормальне функціонування основних фізіологічних систем організму, за певних обставин призводити до порушення кровообігу, обміну речовин, імунореактивності тощо [14, 17, 22]. У спортсменів рівень стресу може навіть впливати на частоту отримання травм [19, 23]. Доведено, що стан психофізіологічних функцій впливає як на характер адаптації організму спортсмена до довготривалих фізичних навантажень, так і на успішність навчання та спортивної діяльності [9, 12].

За даними дослідників галузі фізіології спорту, виявлено, що під впливом довготривалого фізичного навантаження в організмі людини відбуваються морфофункціональні зміни, що відображають розширення його функціональних можливостей, збільшення працездатності [15]. Так, наприклад, фізичне навантаження різної спрямованості супроводжується в організмі людини функціональними пластичними перебудовами на рівні спинномозкових структур, які здійснюють

моторний контроль скелетної мускулатури [1]. Оцінювання функціонального стану нервово-м'язової системи можна здійснити за допомогою електронейроміографічних (ЕНМГ) методів дослідження, зокрема методу визначення швидкості проведення нервового імпульсу (ШПІ) [7].

Крім того, під впливом систематичних тренувань у корі головного мозку формуються функціональні зрушення в нервових процесах, які певною мірою обумовлені специфікою спортивної діяльності і є відносно стійкими. Серед цих функціональних змін можна виділити зрушення двох типів: загальні, що відрізняють спортсменів від осіб, які не займаються спортом, і специфічні, що виявляють тісний зв'язок з конкретною спортивною спеціалізацією [9, 11, 18].

Для дослідження стану психофізіологічних функцій під керівництвом М. В. Макаренка розроблена комп'ютерна система «Діагност-1», яка дозволяє отримувати, автоматично реєструвати та статистично обробляти показники, отримані за умов сенсомоторної діяльності різної складності і які характеризують функціональну рухливість, силу та врівноваженість нервових процесів [12].

На особливу увагу заслуговують показники, що визначаються в режимі «нав'язаного ритму» під час обробки сигналів впродовж 13 серій по 30 с, тобто не займають багато часу при проведенні дослідження. Окрім того, діагностичний комплекс дозволяє визначити латентний період простої зорово-моторної реакції (ЛП ПЗМР), латентний період реакції вибору одного із трьох сигналів (ЛП РВ1-3), латентний період реакції вибору двох із трьох сигналів (ЛП РВ2-3) та супутні характеристики сенсомоторної реакції. Вважають, що наведені показники можуть відображати

зміни функціонального стану центральної нервової системи (ЦНС) людини і рекомендуються для його оцінювання в динаміці спостереження з подальшою корекцією режиму професійної діяльності людини [5, 10, 21].

Дослідниками робилися спроби проведення кореляційного аналізу показників часу реакції на зоровий стимул та величин швидкості проведення імпульсу по нервових волокнах. Однак, результати таких досліджень малочисельні та неоднозначні. Так, за даними Vernon, у групах студентів (чоловіків та жінок) спостерігалася статистично значуща негативна кореляція між часом простої зорово-моторної реакції та швидкістю проведення імпульсу по сенсорних волокнах серединного нерва верхньої кінцівки (*n. medianus*) [25]. З іншого боку, у дослідженнях Wickett, проведених у групі молодих жінок, була показана відсутність значущої кореляції між часом реакції та швидкістю проведення імпульсу по сенсорних волокнах *n. medianus* [26]. Слід зазначити, що у вказаних дослідженнях не отримувались величини швидкостей проведення імпульсу по моторних нервових волокнах. Не було також проведено кореляційного аналізу показників часу реакції та швидкості проведення імпульсу у спортсменів, що спеціалізуються у різних видах спорту.

Таким чином, перспективним і актуальним вбачається виявлення взаємозв'язків стану психофізіологічних функцій та нервово-м'язової системи кваліфікованих спортсменів.

Роботу виконано у Науково-дослідному інституті НУФВСУ відповідно до завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Суспільні науки» Національного університету фізичного виховання і спорту України на 2021 р.

Мета дослідження — проведення кореляційного аналізу психофізіологічних та електронейрофізіологічних показників у кваліфікованих спортсменів-веслувальників.

Методи й організація дослідження. Дослідження проводили на базі НДІ НУФВСУ. У дослідженні брали участь 20 кваліфікованих спортсменів (МС, МСМК і ЗМС) обох статей 19–32 років, вид спорту — веслування на байдарках і каное, спортивний стаж від 6 до 20 років.

Для визначення стану психофізіологічних функцій, максимального темпу руху кисті (за методикою тепінг-тест) використовували діагностичний комплекс «Діагност-1» (М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб) [12, 20]. У дослідженні аналізували показники простої зорово-моторної реакції (ПЗМР) та реакції вибору одного із трьох сигналів (РВ1-3) для правої та лівої руки, показники

реакції вибору двох із трьох сигналів (РВ2-3). Як розумове навантаження для переробки інформації застосовували предметні символи (геометричні фігури). У «оптимальному режимі» при пред'явленні та переробці зазначених стимулів проводили вивчення параметрів сенсомоторних реакцій різного ступеня складності, латентних періодів — ЛП ПЗМР, ЛП РВ1-3 та ЛП РВ2-3, і складових латентних періодів — моторних компонентів реакцій ПЗМР, РВ1-3 та РВ2-3 і часу центральної обробки інформації в реакціях вибору [12]. Досліджували динамічну м'язову витривалість за максимальним темпом руху кисті (тепінг-тест) окремо для правої та лівої кисті [6, 12].

Електронейрофізіологічне (ЕНМГ) дослідження проводили за допомогою нейродіагностичного комплексу Nicolet Viking Select (США-Німеччина). Використовували методику визначення швидкості проведення нервового імпульсу (ШПІ) по моторних та сенсорних волокнах серединного нерва верхньої кінцівки (*n. medianus*) [2, 7, 13]. Під час дослідження тестований перебував у положенні сидячи, руки вільно розташовувалися на кушетці.

Аналізували наступні ЕНМГ-параметри: швидкість проведення нервового імпульсу по моторних та сенсорних волокнах *n. medianus* (ШПІ_{med}): ШПІ_{med} мот, ШПІ_{med} сенс, ШПІ по моторних (_{мот}) та сенсорних (_{сенс}) волокнах *n. medianus* на ділянці передпліччя (ліктьовий суглоб—зап'ясток). Визначали також амплітуди м'язових відповідей (A_{med}): м'яза тенара (підвищення великого пальця руки) на ортодромну стимуляцію моторних волокон *n. medianus* та м'язів—згиначів вказівного пальця на антидромну стимуляцію сенсорних волокон *n. medianus* в проксимальній та дистальній точках верхньої кінцівки: A_{med} мот-прокс', A_{med} сенс-прокс', A_{med} мот-дист', A_{med} сенс-дист'. Одержували показники для правої та лівої кінцівок.

Статистичну обробку даних проводили за допомогою методів математичної непараметричної статистики (кореляційний аналіз за критерієм Spearman).

Під час проведення комплексних психологічних і біологічних досліджень за участю спортсменів відповідно до принципів біоетики дотримувалися розробленої в лабораторії теорії і методики спортивної підготовки і резервних можливостей спортсменів НДІ НУФВСУ «Програми комплексного біологічного дослідження особливостей функціональних можливостей спортсменів», а також законодавства України про охорону здоров'я та Гельсінкської декларації 2000 р., директиви Європейського товариств

ТАБЛИЦЯ 1 – Кореляційні зв'язки (за Спірменом) електронейро-міографічних та психофізіологічних показників спортсменів

Показник	Кореляційний зв'язок, r_s
Вік	
Амплітуда м'язових відповідей $A_{med\ mot\ дист}$ права рука, мВ	-0,53*
Амплітуда м'язових відповідей $A_{med\ сенс\ дист}$ ліва рука, мкВ	-0,59**
Моторний компонент простої зорово-моторної реакції правою рукою, мс	0,63**
Моторний компонент реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою, мс	0,50*
Похибка середньої арифметичної латентного періоду реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою	-0,50*
Середньоквадратична величина відхилення латентного періоду реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою	-0,50*
Коефіцієнт варіації латентного періоду реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою	-0,48*
Час центральної обробки інформації реакції вибору одного із трьох сигналів лівою рукою, мс	-0,49*
Коефіцієнт варіації латентного періоду реакції вибору одного із трьох сигналів лівою рукою	-0,46*
Спортивний стаж	
Амплітуда м'язових відповідей $A_{med\ mot\ дист}$ права рука, мВ	-0,47*
Моторний компонент простої зорово-моторної реакції лівою рукою, мс	0,45*

Примітки: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

ва 86/609 щодо участі людей в медико-біологічних дослідженнях [20].

Результати дослідження та їх обговорення. За результатами досліджень стану психофізіологічних функцій спортсменів високого класу (веслування на байдарках і каное) виявлено, що спортсмени порівняно з нетренованими особами продемонстрували вищу швидкість обробки інформації в центральній нервовій системі, що виявлялося у швидших реакціях вибору двох із трьох сигналів та меншим часом центральної обробки інформації. У спортсменів виявлено вищу м'язову витривалість під час рухів кисті домінуючої руки за результатами виконання тепінг-тесту. Тобто, було виявлено, що регулярні спортивні тренування ведуть до змін передусім у центральних ланках організації рухових програм, тоді як периферичні компоненти сенсомоторних реакцій меншою мірою зазнають перебудови внаслідок регулярних фізичних навантажень [16].

Кореляційний аналіз отриманих даних за критерієм Spearman показав, що з віком та спортивним стажем були пов'язані як деякі психофізіологічні, так і (меншою мірою) електронейроміографічні показники (табл. 1). З віком і зі збільшенням стажу спортивного тренування у більш досвідчених спортсменів дещо збільшувався моторний компонент сенсомоторних реакцій, разом з тим зменшувався час центральної

обробки інформації, крім того з віком зростала стабільність сенсомоторних реакцій. Амплітуда м'язових відповідей (яка може слугувати корелятором сили м'язів кисті) за деякими показниками зменшувалася з віком і збільшенням спортивного стажу.

Кореляційний аналіз показав наявність взаємозв'язків між психофізіологічними показниками і швидкістю проведення нервового імпульсу по моторних та сенсорних волокнах *n. medianus* (табл. 2).

Кореляційний аналіз психофізіологічних та електронейроміографічних параметрів показав наявність статистично значущої негативної кореляції між часом моторного компонента ПЗМР правою рукою, часом моторного компонента РВ1-3 правою рукою, латентним періодом і часом моторного компонента РВ1-3 лівою рукою, часу моторного компонента РВ2-3 (для обох рук, а також окремо для правої і лівої руки) та швидкістю проведення нервового імпульсу по сенсорних волокнах *n. medianus* для правої кінцівки.

Виявлено також негативну кореляцію між кількістю помилок ПЗМР для лівої кінцівки та швидкості проведення нервового імпульсу по сенсорних волокнах *n. medianus* для лівої кінцівки. Стабільність складної сенсомоторної реакції вибору РВ2-3 (за такими показниками, як похибка середньої арифметичної латентного періоду РВ2-3 та середньоквадратична величина відхи-

ТАБЛИЦЯ 2 – Кореляційні зв'язки (за Спірменом) психофізіологічних показників та швидкості проведення нервового імпульсу по сенсорних та моторних волокнах *n. medianus* у спортсменів-веслувальників

Показники	Кореляційні зв'язки, r_s	
	Зі швидкістю проведення нервового імпульсу ШПІ _{мед сенс'} права рука, м · с ⁻¹	Зі швидкістю проведення нервового імпульсу ШПІ _{мед сенс'} ліва рука, м · с ⁻¹
Сенсорні волокна		
Моторний компонент простої зорово-моторної реакції правою рукою, мс	-0,59**	–
Кількість помилок простої зорово-моторної реакції лівою рукою	–	-0,52*
Моторний компонент реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою, мс	-0,55*	–
Латентний період реакції вибору одного із трьох сигналів лівою рукою, мс	-0,47*	–
Моторний компонент реакції вибору одного із трьох сигналів лівою рукою, мс	-0,62**	–
Моторний компонент реакції вибору двох із трьох сигналів (для обох рук), мс	-0,60**	–
Похибка середньої арифметичної латентного періоду реакції вибору двох із трьох сигналів (для обох рук)	-0,59**	–
Середньоквадратична величина відхилення латентного періоду реакції вибору двох із трьох сигналів (для обох рук)	-0,61**	–
Моторний компонент реакції вибору двох із трьох сигналів (для правої руки), мс	-0,70***	–
Моторний компонент реакції вибору двох із трьох сигналів (для лівої руки), мс	-0,48*	–
Похибка середньої арифметичної латентного періоду реакції вибору двох із трьох сигналів (для лівої руки)	-0,49*	–
Середньоквадратична величина відхилення латентного періоду реакції вибору двох із трьох сигналів (для лівої руки)	-0,49*	–
Моторні волокна		
Латентний період реакції вибору одного із трьох сигналів лівою рукою, мс	–	-0,48*
Похибка середньої арифметичної латентного періоду реакції вибору двох із трьох сигналів (для обох рук)	–	-0,51*
Середньоквадратична величина відхилення латентного періоду реакції вибору двох із трьох сигналів (для обох рук)	–	-0,47*

Примітки: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

лення латентного періоду PB2-3) теж асоціювалася з швидкістю проведення нервового імпульсу по сенсорних волокнах *n. medianus* для правої кінцівки. Більша стабільність складної реакції вибору відповідала більшій швидкості проведення нервового імпульсу по сенсорних волокнах *n. medianus* для правої кінцівки.

Кореляційний аналіз психофізіологічних та електронейроміографічних параметрів показав наявність статистично значущої негативної кореляції між латентним періодом PB1-3 лівою рукою та швидкістю проведення нервового імпульсу по моторних волокнах *n. medianus* для лівої кінцівки; а також негативної кореляції між показниками стабільності складної сенсомоторної реакції вибору PB2-3 (а саме – похибкою середньої арифметичної латентного періоду PB2-3 та середньоквадратичною величиною відхилення латентного періоду PB2-3) для обох рук та швидкістю проведення нервового імпульсу по моторних волокнах *n. medianus* для лівої кінцівки. Більша стабільність складної реакції вибору відповідала більшій швидкості проведення нервово-

го імпульсу по моторних волокнах *n. medianus* для лівої кінцівки.

Аналогічні результати отримані під час аналізу кореляції між психофізіологічними параметрами та показниками амплітуд м'язових відповідей на стимуляцію моторних сенсорних та волокон *n. medianus* (табл. 3).

Так, наприклад, виявлено негативну кореляцію між часом моторного компонента ПЗМР правою рукою, PB1-3 правою і лівою рукою та амплітудою м'язових відповідей на стимуляцію сенсорних волокон лівої кінцівки для дистальної точки стимуляції, проте отримано позитивну кореляцію між часом центральної обробки інформації PB1-3 правою рукою та амплітудою м'язових відповідей на стимуляцію сенсорних волокон правої кінцівки для проксимальної точки стимуляції. Тобто, спортсмени з вищою амплітудою м'язових відповідей на стимуляцію сенсорних волокон правої кінцівки для проксимальної точки стимуляції мали більший час центральної обробки інформації.

Виявлено негативну кореляцію між показниками стабільності ПЗМР лівою рукою (а саме –

ТАБЛИЦЯ 3 – Кореляційні зв'язки (за Спірменом) психофізіологічних показників та амплітуд м'язових відповідей на стимуляцію сенсорних та моторних волокон *n. medianus* у спортсменів-веслувальників

Показники	Кореляційні зв'язки, r_s			
	права рука, мкВ		ліва рука, мкВ	
	прокс	дист	прокс	дист
Сенсорні волокна				
Моторний компонент простої зорово-моторної реакції правою рукою, мс	–	–	–	–0,45*
Похибка середньої арифметичної латентного періоду простої зорово-моторної реакції лівою рукою	–	–0,57**	–	–0,56**
Середньоквадратична величина відхилення латентного періоду простої зорово-моторної реакції лівою рукою	–	–0,58**	–	–0,55*
Коефіцієнт варіації латентного періоду простої зорово-моторної реакції лівою рукою	–0,53*	–0,68**	–	–0,48*
Моторний компонент реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою, мс	–	–	–	–0,48*
Час центральної обробки інформації реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою, мс	0,52*	–	–	–
Моторний компонент реакції вибору одного із трьох сигналів лівою рукою, мс	–	–	–	–0,48*
Моторні волокна				
Моторний компонент простої зорово-моторної реакції правою рукою, мс	–0,64**	–0,49*	–	–
Похибка середньої арифметичної латентного періоду простої зорово-моторної реакції правою рукою	–	–	–	–0,45*
Середньоквадратична величина відхилення латентного періоду простої зорово-моторної реакції правою рукою	–	–	–	–0,45*
Коефіцієнт варіації латентного періоду простої зорово-моторної реакції правою рукою	–	–	–	–0,48*
Моторний компонент простої зорово-моторної реакції лівою рукою, мс	–0,53*	–	–	–
Похибка середньої арифметичної латентного періоду реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою	–	–	0,45*	0,55*
Середньоквадратична величина відхилення латентного періоду реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою	–	–	0,45*	0,55*
Коефіцієнт варіації латентного періоду реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою	–	–	–	0,48*
Кількість помилок реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою	–	–	–0,63**	–
Похибка середньої арифметичної латентного періоду реакції вибору одного із трьох сигналів лівою рукою	–	0,57**	–	–
Середньоквадратична величина відхилення латентного періоду реакції вибору одного із трьох сигналів лівою рукою	–	0,57**	–	–
Коефіцієнт варіації латентного періоду реакції вибору одного із трьох сигналів лівою рукою	0,49*	0,67**	–	–
Кількість помилок реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою	–0,48*	–	–	–
Показник динамічної м'язової витривалості руху кисті субдомінантної руки (тепінг-тест), кількість натискань	0,56**	–	–	–
Показник асиметрії динамічної м'язової витривалості руху кисті (тепінг-тест), співвідношення кількості натискань правою/лівою рукою	–	–	–0,56**	–

Примітки: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; прокс – для проксимальної точки стимуляції; дист – для дистальної точки стимуляції.

похибкою середньої арифметичної латентного періоду ПЗМР та середньоквадратичною величиною відхилення латентного періоду ПЗМР) та амплітудою м'язових відповідей на стимуляцію сенсорних волокон правої і лівої кінцівки для проксимальної і більшою мірою – для дистальної точки стимуляції: більша стабільність реакції відповідала більшій амплітуді м'язових відповідей. Між часом моторного компонента ПЗМР правою

і лівою рукою та амплітудою м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон правої кінцівки для проксимальної і дистальної точки стимуляції, показником асиметрії динамічної м'язової витривалості руху кисті (тепінг-тест) та амплітудою м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон лівої кінцівки для проксимальної точки стимуляції. Проте отримано позитивну кореляцію між показником динамічної м'язової витривалос-

ті руху кисті субдомінантної лівої руки та амплітудою м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон правої кінцівки для проксимальної точки стимуляції (див. табл. 3). Слід зазначити, що у всіх обстежуваних осіб домінантною виявилася права рука.

Чим більша була амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон *n. medianus* правої руки (більша сила м'язів кисті правої руки), тим вищою у спортсменів виявилася м'язова витривалість під час рухів кисті контралатеральної субдомінантної руки. В той же час, чим більша була амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон *n. medianus* лівої руки (більша сила м'язів кисті лівої руки), тим меншою мірою у них відрізнялась м'язова витривалість за показниками тепінг-тесту субдомінантної лівої руки від м'язової витривалості правої руки. В цілому отримані результати узгоджуються з позицією М. В. Макаренка про доцільність оцінки динамічної м'язової витривалості, тобто здатності усіх ланок рухового аналізатора до швидкості та витривалості, за максимальним темпом руху кисті за методикою тепінг-тест [12]. Натомість, результати досліджень Є. П. Ільїна свідчать про можливість використання методики тепінг-тест для визначення властивостей основних нервових процесів (а саме — сили нервових процесів) [3].

Виявлено негативну кореляцію між показниками стабільності простої зорово-моторної реакції правою рукою (а саме — похибкою середньої арифметичної латентного періоду ПЗМР, середньоквадратичною величиною відхилення латентного періоду ПЗМР і коефіцієнтом варіації латентного періоду ПЗМР) та амплітудою м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон лівої кінцівки для дистальної точки стимуляції: більша стабільність реакції відповідала більшій амплітуді м'язових відповідей контралатеральної кінцівки.

Проте, для реакції вибору одного із трьох сигналів правою і лівою рукою виявлено позитивну кореляцію між показниками стабільності реакції (а саме — похибкою середньої арифметичної латентного періоду РВ1-3, середньоквадратичною величиною відхилення латентного періоду РВ1-3 і коефіцієнтом варіації латентного періоду РВ1-3) та амплітудою м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон контралатеральної кінцівки для проксимальної і дистальної точки стимуляції: більша стабільність реакції в даному випадку відповідала меншій амплітуді м'язових відповідей контралатеральної кінцівки (див. табл. 3).

Кореляційний аналіз психофізіологічних показників та коефіцієнтів асиметрії амплітуд

м'язових відповідей на стимуляцію моторних та сенсорних волокон *n. medianus* показав наявність статистично значущої позитивної кореляції між показником асиметрії динамічної м'язової витривалості руху кисті (тепінг-тест) та коефіцієнтом асиметрії амплітуд м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон *n. medianus* для дистальної точки стимуляції (табл. 4). Тобто, співвідношення динамічної м'язової витривалості руху кисті (за результатами тепінг-тесту) правої/лівої руки асоціювалося з співвідношенням амплітуд м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон *n. medianus* (права/ліва рука) для дистальної точки стимуляції. Виявлено цілий ряд інших кореляцій психофізіологічних показників та коефіцієнтів асиметрії швидкостей проведення нервового імпульсу і амплітуд м'язових відповідей (див. табл. 4).

Загалом, спортсмени з високою швидкістю реакції на зоровий стимул мали високу швидкість проведення нервового імпульсу по моторних та сенсорних волокнах серединного нерва, який іннервує м'язи—згиначі вказівного пальця руки, котрі беруть участь у реалізації руху для відповіді на стимул. Спортсмени з вищою швидкістю реакції на зоровий стимул та динамічною м'язовою витривалістю під час рухів кисті мали також вищу амплітуду м'язових відповідей на стимуляцію моторних та сенсорних волокон *n. medianus*, що може свідчити про більшу силу м'язів кисті. Тобто, отримані результати підтверджують та доповнюють відомі наукові дані [25].

Виявлені кореляційні зв'язки електронейроміографічних та психофізіологічних показників унаслідок адаптації до довготривалого фізичного навантаження у спорті можуть зробити внесок у розкриття механізмів функціонування нервово-м'язової системи людини.

Висновки:

1. Спортсмени з вищою швидкістю реакції на зоровий стимул мали вищу швидкість проведення нервового імпульсу по моторних та сенсорних волокнах серединного нерва, який іннервує м'язи—згиначі вказівного пальця руки, котрі беруть участь у реалізації руху для відповіді на стимул.

2. Спортсмени з вищою швидкістю реакції на зоровий стимул та динамічною м'язовою витривалістю під час рухів кисті мали також вищу амплітуду м'язових відповідей на стимуляцію моторних та сенсорних волокон *n. medianus*, що може свідчити про більшу силу м'язів кисті.

3. Виявлені кореляційні зв'язки електронейроміографічних та психофізіологічних показників у кваліфікованих спортсменів-веслувальників

ТАБЛИЦЯ 4 – Кореляційні зв'язки (за Спірменом) психофізіологічних показників та коефіцієнтів асиметрії електронейроміографічних показників у спортсменів-веслувальників

Показник	Кореляційні зв'язки, r_s з коефіцієнтами асиметрії (права/ліва рука)					
	ШПІ _{мед сенс}	ШПІ _{мед мот}	A _{мед сенс-прокс}	A _{мед сенс-дист}	A _{мед мот-прокс}	A _{мед мот-дист}
Латентний період простої зорово-моторної реакції правою рукою, мс		0,55*				
Коефіцієнт варіації латентного періоду простої зорово-моторної реакції правою рукою	-0,47*					
Латентний період реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою, мс				0,76***		
Час центральної обробки інформації реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою, мс				0,68***		
Латентний період простої зорово-моторної реакції лівою рукою, мс				0,52*		
Моторний компонент реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою, мс			0,51*			
Похибка середньої арифметичної латентного періоду реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою		0,50*				
Середньоквадратична величина відхилення латентного періоду реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою		0,50*				
Кількість помилок реакції вибору одного із трьох сигналів правою рукою						0,63**
Латентний період реакції вибору одного із трьох сигналів лівою рукою, мс		0,66**		0,49*		
Час центральної обробки інформації реакції вибору одного із трьох сигналів лівою рукою, мс		0,51*				
Латентний період реакції вибору двох із трьох сигналів (для обох рук), мс		0,45*				
Середньоквадратична величина відхилення латентного періоду реакції вибору двох із трьох сигналів (для обох рук)			0,49*			
Кількість помилок реакції вибору двох із трьох сигналів (для обох рук)				-0,47*		
Латентний період реакції вибору двох із трьох сигналів (для правої руки), мс		0,50*		0,46*		
Похибка середньої арифметичної латентного періоду реакції вибору двох із трьох сигналів (для правої руки)			0,45*			
Середньоквадратична величина відхилення латентного періоду реакції вибору двох із трьох сигналів (для правої руки)			0,48*			
Коефіцієнт варіації латентного періоду реакції вибору двох із трьох сигналів (для правої руки)			0,44*			
Коефіцієнт варіації латентного періоду реакції вибору двох із трьох сигналів (для лівої руки)	-0,45*					
Показник асиметрії динамічної м'язової витривалості руху кисті (тепінг-тест)						0,45*

Примітки: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

внаслідок адаптації до довготривалого фізичного навантаження можуть зробити внесок у розкриття механізмів функціонування нервово-м'язової системи людини, а також мати прогностичну цінність та використовуватися для оптимізації спортивного вдосконалення молоді в даному виді спорту.

Література

1. Андриянова ЕЮ, Ланская ОВ. Механизмы двигательной пластичности спинномозговых нервных цепей на фоне долговременной адаптации к спортивной деятельности [Motor plasticity mechanisms of spinal cord nervous chains in conditions of longterm adaptation for sport performance]. Физиология человека. 2014;40(3):73–85.

Перспективи подальших досліджень передбачають дослідження з проведенням порівняльного аналізу психофізіологічних та електронейроміографічних показників у спортсменів, що спеціалізуються в різних видах спорту та в процесі професійної діяльності зазнають впливу навантажень різних типів.

2. Бадалян ЛО, Свворцов ИА. Клиническая электромиография [Clinical electromyography]. Москва: Медицина, 1986. 368 с.

3. Ильин ЕП. Дифференциальная психофизиология [Differential psychophysiology]. Санкт-Петербург: Питер; 2001. 464 с.

4. Ильин ЕП. Психофизиология состояний человека [Psychophysiology of human states]. Санкт-Петербург: Питер; 2005. 412 с.
5. Кокун ОМ. Оптимізація адаптаційних можливостей людини: психофізіологічний аспект забезпечення діяльності: Монографія [Optimization of human adaptive capacity: psychophysiological aspect of activity support: Monograph]. Київ: Міленіум; 2004. 265 с.
6. Кокун ОМ. Психофізіологія. Навчальний посібник [Psychophysiology. Tutorial]. Київ: Центр навчальної літератури; 2006. 184 с.
7. Команцев ВН. Методические основы клинической электронейромиографии. Руководство для врачей [Methodical foundations of clinical electroneuromyography. A guide for doctors]. Санкт-Петербург: Лань; 2001. 349 с.
8. Лысенко ЕН, Шинкарук ОА. Влияние на проявление нейродинамических свойств спортсменов полового диморфизма и напряженной физической работы [Influence on the manifestation of neurodynamic properties of athletes of sexual dimorphism and strenuous physical work]. Наука и спорт: современные тенденции. 2015;6(1):11-18.
9. Макаренко МВ, Лизогуб ВС. Онтогенез психофізіологічних функцій людини [Ontogenesis of psychophysiological functions of a person]. Черкаси; 2011. 256 с.
10. Макаренко МВ, Лизогуб ВС, Безкопильний ОП. Нейродинамічні властивості спортсменів різної кваліфікації та спеціалізації [Neurodynamic properties of athletes of different qualifications and specialization]. Актуальні проблеми фізичної культури і спорту. 2004;4:105-109.
11. Макаренко МВ, Лизогуб ВС, Безкопильний ОП. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності людини [Methodical instructions to the practical works on differential psychophysiology and physiology of higher human nervous activity]. Київ-Черкаси; 2014. 102 с.
12. Макаренко Н, Лизогуб В, Безкопильный А. Формирование свойств нейродинамических функций у спортсменов [Formation of the properties of neurodynamic functions in athletes]. Наука в олимпийском спорте. 2005;2:80-85.
13. Николаев СГ. Практикум по клинической электромиографии [Clinical Electromyography Workshop]. Иваново: ПресСто; 2013. 394 с.
14. Романюк ВЛ, Пилипака ЮІ. Реактивність та психічне здоров'я особистості [Reactivity and mental health of the individual]. Психологія: реальність і перспективи: Збірник наукових праць Рівненського державного гуманітарного університету. 2016;7:182-188.
15. Уилмор ДХ, Костилл ДЛ. Физиология спорта [Sports physiology]. Киев: Олимпийская литература; 2001. 503 с.
16. Федорчук СВ, Кравченко ВІ, Фібах КХ, Лисенко ОМ, Шинкарук ОА. Стан нейродинамічних функцій і динамічна м'язова витривалість кваліфікованих спортсменів-веслувальників [State of neurodynamic functions and dynamic muscular endurance of qualified rowers]. Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія. 2021;1:128-33.
17. Чікіна ЛВ, Федорчук СВ, Трушина ВА, Янчук ПІ, Макачук МЮ. Вплив уявної ротації об'єктів на стан психофізіологічних функцій жінок [The influence of imaginary rotation of objects on the state of psychophysiological functions of women]. Фізіологічний журнал. 2012;58(5):36-43.
18. Шинкарук О, Лысенко Е. Влияние полового диморфизма и физических нагрузок на проявление нейродинамических свойств у спортсменов высокого класса [Influence of sexual dimorphism and physical loads on the manifestation of neurodynamic properties in high-class athletes]. Наука в олимпийском спорте. 2004;1:75-79.
19. Шинкарук О, Лысенко О, Федорчук С. Стрес та його вплив на змагальну та тренувальну діяльність спортсменів [Stress and its impact on the competitive and training activities of athletes]. Фізична культура, спорт та здоров'я нації: збірник наукових праць. 2017;3(22):469-476.
20. Шинкарук ОА, Лисенко ОМ, Гуніна ЛМ, Карленко ВП, Земцова ІІ, Олішевський СВ, та ін. Медико-біологічне забезпечення підготовки спортсменів збірних команд України з олімпійських видів спорту [Medicobiological support of training of athletes of national teams of Ukraine on Olympic sports]. Київ; 2009. 144 с.
21. Fedorchuk S, Lysenko O, Romanyuk V. Neurodynamic properties and psychological characteristics of high qualification sportsmen with different sports trainings. Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv - Problems of Physiological Functions Regulation. 2018;24(1):27-31. DOI: http://dx.doi.org/10.17721/2616_6410.2018.24.27-31
22. Fedorchuk S, Lysenko O, Kolosova O, Khalyavka T, Romaniuk V. Influence of psychoemotional stress on the functional state of the neuromuscular system and the efficiency of sensorimotor activity of highly skilled athletes. Slobozhanskyi herald of Science and Sport. 2017;4(60):27-32.
23. Renstrom PAFH. Sports injuries. 2002. 378 p.
24. Shynkaruk O, Lysenko O, Fedorchuk S. Assessment of psychophysiological characteristics of the representatives of cyclic sports. European Psychiatry, Elsevier. 2019;56:679-680.
25. Vernon PA, Mori M. Intelligence, reaction times, and peripheral nerve conduction velocity. Intelligence. 1992;16:273-288. [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(92\)90010-0](https://doi.org/10.1016/0160-2896(92)90010-0)
26. Wickett JC, Vernon PA. Peripheral nerve conduction velocity, reaction time, and intelligence: An attempt to replicate Vernon and Mori (1992). Intelligence. 1994;18:127-131. [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(94\)90023-X](https://doi.org/10.1016/0160-2896(94)90023-X)

lanasvet778899@gmail.com;
 olena_kolos@ukr.net;
 markizalus14@gmail.com;
 shi-oksana@ukr.net

Надійшла 29.02.2022