DOI: https://doi.org/10.32782/spmed.2024.2.22-27

Оцінювання активності головного мозку кваліфікованих спортсменів (веслування на байдарках і каное) за електроенцефалографічними показниками (І повідомлення)

УДК 796.071.2 : 159.952.3 + 615.84

О. І. Корбуш[1], Я. В. Субін[1,2], С. В. Федорчук[1], О. А. Шинкарук[1], О. М. Лисенко[1,3]

[1]Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна
[2]Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна
[3]Київський університет імені Бориса Грінченка, Київ, Україна

Резюме. Активність головного мозку є критично важливим аспектом, що безпосередньо впливає на спортивну продуктивність, особливо у циклічних видах спорту, зокрема у веслуванні на байдарках і каное. *Мета.* Оцінювання показників електричної активності головного мозку кваліфікованих спортсменів під час виконання коректурної проби та психофізіологічних тестів. *Методи.* Мобільна електроенцефалографічна система SMARTING, діагностичний комплекс «Діагност-1», Методика «Кільця Ландольта». *Результати.* Розроблено протокол визначення електричної активності головного мозку кваліфікованих спортсменів (веслування на байдарках і каное) за показниками електроенцефалограми протягом виконання коректурної проби та психофізіологічних тестів (простої зорово-моторної реакції, реакцій простого і складного вибору, тестів у режимі зворотного зв'язку та в режимі нав'язаного ритму, реакції на рухомий об'єкт) з використанням мобільного електроенцефалографа. Завдання були підібрані з урахуванням вимог, що ставилися до оцінювання рівня уваги, моторної продуктивності та емоційного вираження, рівня навантаження мозку. Під час виконання тесту «Кільця Ландольта» рівень уваги обстежених спортсменів як зростав, так і знижувався, але наприкінці тестування спостерігався стійкий тренд на зростання. Показник уваги під час тестування був дещо вищим порівняно з базовим рівнем у стані спокою з розплющеними очима, однак статистично значущих вкідмінностей не виявлено. Це свідчить про задовільний ресурс уваги у кваліфікованих спортсменів.
Ключові слова: електроенцефалографія, коректурна проба, психофізіологічні тести, спортсмени, веслування на байдарках і каное.

Evaluation of brain activity in skilled athletes (kayaking and canoeing) by electroencephalographic parameters (I reports)

O. I. Korbush[1], Ya. V. Subin[1,2], S. V. Fedorchuk[1], O. A. Shynkaruk[1], O. M. Lysenko[1,3]

[1]National University of Ukraine on Physical Education and Sport, Kyiv, Ukraine
[2]Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine
[3]Borys Grinchenko University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Abstract. Brain activity is a critical aspect that directly affects athletic performance, especially in cyclic sports, such as kayaking and canoeing. *Objective.* To evaluate the parameters of electrical activity of the brain in skilled athletes during the Burdon test and psychophysiological tests. *Methods.* Mobile electroencephalographic system SMARTING, diagnostic complex Diagnost-1, Landolt rings test. *Results.* A protocol was developed for determining the electrical activity of the brain in skilled athletes (kayaking and canoeing) by the parameters of electroencephalogram during the Burdon test and psychophysiological tests (simple visual-motor reaction, simple and complex choice reactions, tests in feedback mode and in imposed rhythm mode, reaction to a moving object) using a mobile electroencephalography system. The tasks were selected

© О. І. Корбуш, Я. В. Субін, С. В. Федорчук, О. А. Шинкарук , О. М. Лисенко, 2024

taking into account the requirements for assessing the level of attention, motor performance and emotional expression, and the level of brain load. During the Landolt Rings test, the level of attention of the examined athletes both increased and decreased, but at the end of the test there was a steady upward trend. The level of attention during the test was slightly higher than the baseline level at rest with eyes open, but no statistically significant differences were found. This indicates a satisfactory attention resource in skilled athletes.
Keywords: electroencephalography, Bourdon test, psychophysiological tests, athletes, kayaking and canoeing.

Постановка проблема. Активність головного мозку є критично важливим аспектом, що безпосередньо впливає на спортивну продуктивність, особливо у циклічних видах спорту, зокрема у веслуванні на байдарках і каное. Цей вид спорту вимагає не лише фізичної сили та витривалості, а й високого рівня координації, концентрації уваги та швидкої реакції на змінні умови середовища. Спортсмени повинні приймати швидкі рішення в умовах обмеженого часу та під значним фізичним навантаженням, що створює серйозні когнітивні виклики. Тому вивчення нейрофізіологічних процесів, які відбуваються в мозку спортсменів під час тренувань і змагань, є важливим для підвищення індивідуальної продуктивності та запобігання травмам [14, 22].

Електроенцефалографія (ЕЕГ) є одним із провідних методів дослідження електричної активності мозку, що дозволяє оцінити функціональний стан центральної нервової системи (ЦНС) спортсмена під час виконання фізичних вправ різної інтенсивності. Дослідження показують, що різні патерни мозкової активності, такі як альфа- та бета-ритми, можуть свідчити про рівень уваги, мотивації та стресу спортсмена [10]. Наприклад, під час виконання вправ високої інтенсивності спостерігається зниження активності альфа-ритмів, що свідчить про підвищення концентрації уваги [14]. Крім того, ЕЕГ дозволяє оцінити зміни в когнітивних функціях спортсменів протягом тривалих тренувань і змагань.

Реакція мозку на фізичні та психоемоційні виклики є вирішальною для спортивних результатів, оскільки визначає ефективність збереження концентрації та швидкості реакції на зміну умов [24]. Дослідження нейрофізіологічних аспектів діяльності кваліфікованих спортсменів у веслуванні на байдарках і каное відкриває нові горизонти для розробки індивідуалізованих тренувальних програм, які враховують не лише фізичну підготовку, а й оптимізацію нейрофізіологічних процесів [23].

Таким чином, вивчення активності головного мозку спортсменів, які спеціалізуються у веслуванні на байдарках і каное, є важливим кроком до досягнення високих результатів у спорті. Розуміння того, як мозок реагує на фізичні навантаження та когнітивні виклики, дозволяє оптимізувати тренувальні програми і забезпечити спортивну довговічність, знижуючи ризики перетренованості та травм. Подальші дослідження можуть відкрити нові підходи до інтеграції нейронауки у спортивну підготовку, що забезпечить більший рівень індивідуалізації тренувальних процесів для досягнення максимальних спортивних результатів.

Мета дослідження — оцінювання показників електричної активності мозку кваліфікованих спортсменів під час виконання коректурної проби (КП) та психофізіологічних тестів (ПФТ).

Методи дослідження: мобільна електроенцефалографічна система SMARTING, діагностичний комплекс «Діагност-1», методика «Кільця Ландольта».

Результати дослідження та їх обговорення. Роботу виконано у Науково-дослідному інституті Національного університету фізичного виховання і спорту України. У дослідженні взяли участь 10 кваліфікованих спортсменів з веслування на байдарках і каное (M = 17,75 року), які пройшли обстеження за однаковим дизайном експерименту. Для визначення особливостей властивостей уваги використовували КП респондентів (за методикою «Кільця Ландольта») у реалізації програмно-апаратного комплексу психологічної та психофізіологічної діагностики «БОС-тест-Професійний» [2, 5]. Для визначення стану психофізіологічних функцій та індивідуальних особливостей сенсомоторного реагування різного ступеня складності респондентів використовували діагностичний комплекс «Діагност-1» [3, 4].

Зміну електричної активності мозку під час обстеження реєстрували, застосовуючи мобільну електроенцефалографічну систему SMARTING (mBrainTrain, Сербія). До складу комплекту входять: Smarting підсилювач, Smarting стример — прилад потокового запису, EASYCAP RBE 24 шапочка для реєстрації ЕЕГ у режимі реального часу з 24 вмонтованими відведеннями, які відповідають міжнародній системі 10—20 %. Імпеданс під час запису ЕЕГ не перевищував 10 кОм [7].

Реєстрацію ЕЕГ проводили монополярно в симетричних відведеннях (рис. 1): передньо-

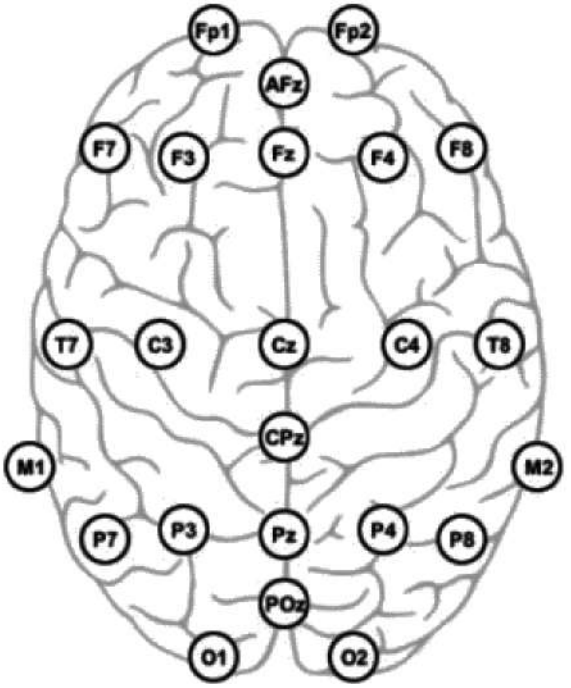

Рисунок 1 — Схема розміщення електродів під час реєстрації електроенцефалограми за допомогою системи SMARTING [7]

фронтальних (Fp1, Fp2, AFz), середньофронтальних (F3, F4), центральнофронтальному (Fz), латерально-фронтальних (F7, F8), центральних (C3, C4), вертексному центральному (Cz), середньоцентральнотім'яному (CPz), скроневих (T7, T8), тім'яних (P3, P4), задньотім'яних (P7, P8), середньотім'яному (Pz), потиличних (O1, O2) і середньотім'яно-потиличному (POz). Відведення центрально-передньофронатальне (Fpz) використовували для заземлення, а як усереднений референтний електрод — фронтальновертексний електрод (FCz). Запис ЕЕГ відбувався в частотному діапазоні 1—100 Гц з частотою дискретизації 500 Гц. Оцінювали спектральну потужність окремих піддіапазонів ЕЕГ від 4 до 45 Гц: тета (4—7,49 Гц), альфа (7,5—12,9 Гц), бета (13—34,9 Гц), гамма (35—45 Гц). Для аналізу було відібрано безартефактні записи ЕЕГ обстежених респондентів.

Для попередньої обробки даних і виділення частотних діапазонів використовували програмне середовище MATLAB 2022B (The MathWorks, США) і програмний пакет EEGLAB2023.0 (SCCN, США) [11]. Обробку даних виконували за протоколом Макото [18]. Попередню обробку сигналів проводили шляхом фільтрації даних, що виходили за межі частот 1—45 Гц та фільтрації мережі на частоті 50 Гц. Наступним кроком встановлювали референтну точку системи монтажу та проводили видалення артефактів, для виявлення яких використано плагіни cleanLineNoise та clean_rawdata. Потім відновлювали втрачені канали методом інтерполяції та розраховували незалежні компоненти за допомогою плагіну AMICA [20]. За допомогою IClabel [21] визначено тип активності та видалено артефактні компоненти. На основі оброблених даних розраховували показники спектральної потужності в таких частотних діапазонах: тета-ритм (4—7,49 Гц), альфа-ритм (7,5—12,9 Гц), бета-ритм (13—34,9 Гц), гамма-ритм (35—44,9 Гц).

Використовуючи значення спектральної потужності, розрахували такі показники:

- індекс навантаження мозку визначається як відношення спектральної потужності тета-діапазону у фронтально-центральному відведенні (Fz) до спектральної потужності альфа-ритму в тім'яному центральному відведенні (Pz): BLI = = $\theta(Fz)/\alpha(Pz)$. Зміни цього індексу вказують на рівень стресу та когнітивного контролю [13];
- індекс рівня уваги визначається як відношення спектральних потужностей тета- та альфа-діапазону до бета- та гамма-діапазону у лівому предньофронтальному відведенні (Fp1). Зміни цього індексу вказують на фокус уваги [17];
- індекс емоційного вираження визначається як відношення спектральних потужностей тета- та альфа-діапазону до бета- та гамма-діапазону у правому скроневому відведенні (T8). Зміни цього індексу вказують на ступінь пережитої емоції та рівень стресу [16];
- індекс моторного контролю визначається як спектральна потужність альфа-діапазону у вертексному центральному відведенні (Cz). Зміни цього індексу вказують на ступінь активності моторної кори головного мозку [12].

За допомогою критерію Шапіро-Вілка було встановлено, що переважна більшість аналізованих показників не характеризувались нормальним розподілом даних, тому для оцінювання значущості отриманих змін використовували непараметричні статистичні критерії. Порівняння незалежних вибірок проводили за допомогою критерію Манна-Уітні. Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакета STATISTICA 12 (TIBCO, USA).

Під час проведення комплексних досліджень за участю респондентів дотримувалися принципів біоетики, а саме розробленої в 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 товариства 86/609 щодо участі людей у медико-

біологічних дослідженнях [9]. Перед початком тестування було отримано письмову інформовану згоду кожного учасника відповідно до Гельсінкської декларації Всесвітньої медичної асоціації (Гельсінкі, Фінляндія, червень 1964 р.). Обстежувані були проінструктовані про мету та завдання дослідження.

Дослідження проводили за допомогою ЕЕГ-обстеження мозку студентів під час виконання коректурної проби (за методикою «Кільця Ландольта») та психофізіологічних тестів: простої зорово-моторної реакції, реакції вибору одного з трьох сигналів, реакції вибору двох із трьох сигналів, тестів «120 сигналів» і «5 хвилин» у режимі зворотного зв'язку, тесту визначення рівня функціональної рухливості та сили нервових процесів у режимі нав'язаного ритму, реакції на рухомий об'єкт. Завдання були підібрані з урахуванням вимог, що ставилися до оцінки рівня уваги, моторної продуктивності та емоційного вираження, також оцінювали рівень навантаження мозку.

На основі даних спектральної потужності електроенцефалограми було розраховано такі показники: індекс навантаження мозку (визначається як відношення спектральної потужності тета-діапазону у фронтально-центральному відведенні до спектральної потужності альфа-ритму в тім'яному центральному відведенні); індекс рівня уваги (визначається як відношення спектральних потужностей тета- та альфа-діапазону до бета- та гамма-діапазону у лівому предньофронтальному відведенні); індекс емоційного вираження (визначається як відношення спектральних потужностей тета- та альфа-діапазону до бета- та гамма-діапазону у правому скроневому відведенні); індекс моторного контролю (визначається як спектральна потужність альфа-діапазону у вертексному центральному відведенні).

У роботі було проаналізовано зміни індексу рівня уваги обстежених спортсменів за показниками ЕЕГ протягом виконання коректурної проби за методикою «Кільця Ландольта» (рис. 2). Індекс рівня уваги під час виконання тесту КП як зростав, так і знижувався, але наприкінці тестування спостерігався стійкий тренд на зростання. Показник уваги під час тестування був дещо вищим порівняно з базовим рівнем у стані спокою з розплющеними очима, однак статистично значущих відмінностей не виявлено. Це свідчить про задовільний ресурс уваги в групі обстежених спортсменів.

Можна припустити, що процес вибору кілець Ландольта (в тесті КП кількість варіантів кілець — вісім, з яких обираються два варіанти) подібний до складної реакції вибору. На думку М. В. Макаренка, В. С. Лизогуба, саме показники складної реакції вибору (вибору двох сигналів із трьох) можуть розглядатися як додаткові показники сили і функціональної рухливості нервових процесів [4]. Як зазначають дослідники, функція уваги залежить від індивідуально-типологічних властивостей вищої нервової діяльності людини, тоді як сильна і рухлива нервова система створює фізіологічні передумови для більшого обсягу уваги, слабка нервова система зменшує можливості уваги [3].

Увага — це обов'язкова передумова успішності спортивної діяльності. Незважаючи на те що функція уваги, як і решта інших психічних функцій, характеризується вираженою генетичною спадковістю, спрямованість тренувального процесу впливає на особливості розвитку цієї функції у спортсменів [цит. за 6].

Так, за результатами досліджень М. Ф. Хорошухи, під впливом фізичних навантажень швидкісно-силового характеру спостерігалося зростання інтегрального показника функції уваги переважно за рахунок підвищення швидкості перегляду знаків, тоді як під впливом навантажень на витривалість — за рахунок підвищення правильності виконання тесту [8].

Відомо, що концентрація уваги залежить від балансу нервових процесів. За результатами досліджень Є. П. Ільїна (який розглядав «зовнішній» і «внутрішній» баланс нервових процесів у зв'язку з існуванням двох систем активації: ретикулярної формації і гіпоталамуса), у осіб з превалюванням збудження за «зовнішнім» балансом концентрація уваги більша [цит. за 1].

На думку деяких учених, завдання на увагу та залучення мотиваційних факторів сприяють порушенню базового співвідношення збудження і гальмування у нервовій системі, характер цих змін суто індивідуальний: у разі індиферентної реакції на ситуацію зберігається врівноваженість нервових процесів [цит. за 6].

Крім того, відомо, що здатність спортсмена зосереджувати увагу залежить від ситуативної наявності сили самоконтролю [15]. Інші дослідники вивчали вплив спортивного досвіду на продуктивність спортсменів у зв'язку з основними відмінностями в концентрації уваги [19]. Таким чином, отримані результати доповнюють і конкретизують відомі наукові дані.

Висновки:

1. За результатами дослідження було розроблено протокол визначення електричної активності головного мозку кваліфікованих спортсменів (веслування на байдарках і каное) за показниками електроенцефалограми протягом

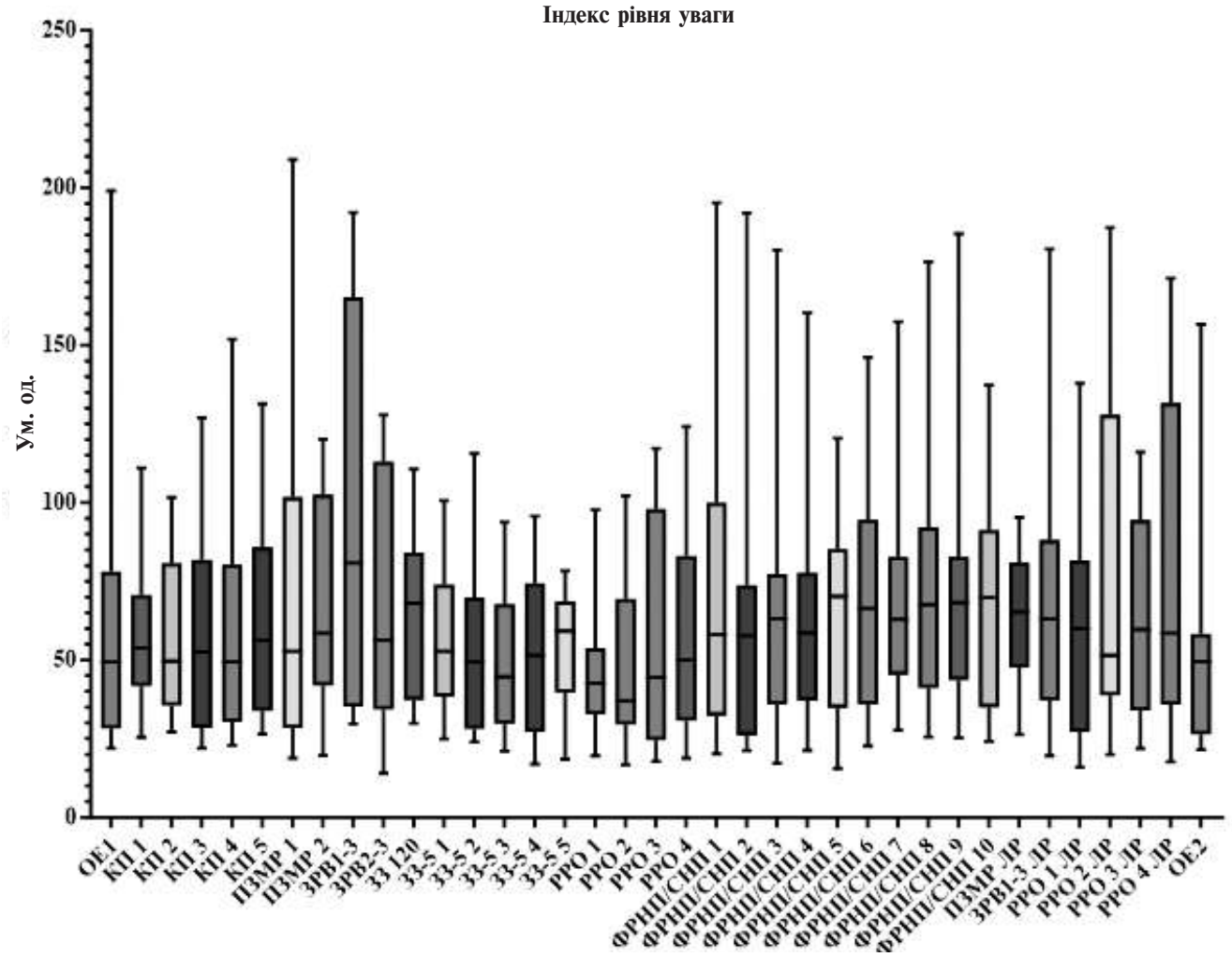

Рисунок 2 — Динаміка індексу рівня уваги (за показниками ЕЕГ) під час послідовного проходження спортсменами коректурної проби та психофізіологічних тестів

Примітки: ОЕ1 – запис у стані спокою, 1 хв до початку тестування; КП1, КП2, КП3, КП4, КП5 – виконання коректурної проби: відповідно 1, 2, 3, 4, 5 хв; ПЗМР1, ПЗМР2 – виконання простої зорово-моторної реакції двічі правою рукою; ЗРВ1-3 – виконання реакції вибору одного з трьох сигналів правою рукою; ЗРВ2-3 – виконання реакції вибору двох із трьох сигналів обома руками; ЗЗ–120 – виконання тесту «120 сигналів» у режимі зворотного зв'язку обома руками; ЗЗ–5 – виконання тесту «5 хвилин» у режимі зворотного зв'язку обома руками: відповідно 1, 2, 3, 4, 5 хв; РРО – виконання реакції на рухомий об'єкт правою рукою: відповідно 1, 2, 3, 4 хв; ФРНП/СНП – виконання тесту визначення рівня функціональної рухливості і сили нервових процесів у режимі нав'язаного ритму обома руками: відповідно 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 хв; ПЗМР ЛР – виконання простої зорово-моторної реакції лівою рукою; ЗРВ1-3 ЛР – виконання реакції вибору одного з трьох сигналів лівою рукою; РРО ЛР – виконання реакції на рухомий об'єкт лівою рукою: відповідно 1, 2, 3, 4 хв, ОЕ2 – запис у стані спокою, 1 хв після тестування.

виконання коректурної проби (за методикою «Кільця Ландольта») та психофізіологічних тестів (простої зорово-моторної реакції, реакцій простого і складного вибору, тестів у режимі зворотного зв'язку та в режимі нав'язаного ритму, реакції на рухомий об'єкт) з використанням мобільного електроенцефалографа. Завдання були підібрані з урахуванням вимог, що ставилися до оцінювання рівня уваги, моторної продуктивності та емоційного вираження, рівня навантаження мозку.

2. Під час виконання тесту «Кільця Ландольта» рівень уваги обстежених спортсменів як зростав, так і знижувався, але наприкінці тестування спостерігався стійкий тренд на зростання. Показник уваги під час тестування був дещо вищим порівняно з базовим рівнем у стані спокою з розплющеними очима, однак статистично значущих відмінностей не виявлено. Це свідчить про задовільний ресурс уваги у кваліфікованих спортсменів.

Колектив авторів висловлює щиру подяку Науково-дослідному інституту НУФВСУ, всім спортсменам і тренерам за участь в організації та проведенні досліджень.

Література

1. Арнаутова Л. В. Особистісні детермінанти формування стресостійкості кваліфікованих спортсменів [Дисертація]. [Personal determinants of the formation of stress tolerance in skilled athletes. [Dissertation], Київ, 2023. 291 с.

2. Комплекс для психологического тестирования «БОС-тест» [Complex for psychological testing "BOS- test"]. Компания «Сиата» – Медицинская техника и оборудование. URL: http: //www. siata.net.ua/index.php/kompleks-dlya-psihologicheskogo-testirovaniya-bos-test/

3. Макаренко МВ, Лизогуб ВС. Онтогенез психофізіологічних функцій людини [Ontogeny of human psychophysiological functions]. Черкаси. 2011. 256 с.

4. Макаренко МВ, Лизогуб ВС, Безкопильний ОП. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності людини [Methodical guide for the practical course on differential psychophysiology and physiology of higher nervous activity]. Київ-Черкаси, 2014.102 с.

5. Федорчук С, Когут І, Петровська Т, Арнаутова Л. Оцінка властиво-стей уваги за методикою «Кільця Ландольта» у кваліфікованих спортсменок [Evaluation of attention characteristics using the Landolt's Rings test in skilled female athletes]. Перспективи розвитку фізичної культури і спорту в закладах освіти: матеріали Всеукраїнської онлайн наукової конференції з міжнародної участю, Луцьк, 19–20 трав. 2022 р. Луцьк. 2022. С. 122-124.

6. Федорчук С, Петровська Т, Арнаутова Л, Когут І, Петрушевський Є. Реакція на рухомий об'єкт та властивості уваги у кваліфікованих гандболісток [Reaction to a moving object and properties of attention in skilled female handball players]. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. 2023;1:68-74. DOI: https://doi.org/10.32652/tmfvs.2023.1.68-74

7. Федорчук СВ, Колосова ОВ, Тукаєв СВ, Лисенко ОМ и др. Технологія оцінки ризику травматизму спортсменів за електронейроміографічними і психофізіологічними показниками [Technology for assessing the risk of injury in athletes by electroneuromyographic and psychophysiological indicators]. Науково-методологічні дослідження у фізичній культурі і спорті, фізичній терапії, ерготерапії, туризмі. 2021;2.195 с.

8. Хорошуха МФ. Особливості змін функції уваги у юних спортсменів 13–16 років в залежності від спрямованості їх тренувального процесу (повідомлення друге) [Features of changes of function of attention for young sportsmen 13-16 depending on an orientation them training process]. Науковий часопис НПУ імені МП Драгоманова. 2015;12 (67):120-124.

9. 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 [Medical and biological provision of the training of athletes of Ukrainian national teams in Olympic sports]. Київ: Олімпійська л-ра, 2009. 144 с.

10. Cheng, Ming-Yang et al. Evaluating EEG neurofeedback in sport psychology: a systematic review of RCT studies for insights into mechanisms and performance improvement. Frontiers in psychology vol. 2024;15 1331997. doi:10.3389/fpsyg.2024.1331997

11. Delorme A, Makeig S. EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. Journal of neuroscience methods. 2004; 134 (1):9-21.

12. Ghasemian M, Taheri H, Saberi KA, Ghoshuni M. Electroencephalog-raphy Pattern Variations During Motor Skill Acquisition. Perceptual and Motor Skills. 2017.124(6):1069-1084.

13. Giannakakis G, Grigoriadis D, Tsiknakis M. Detection of stress/anxiety state from EEG features during video watching. 2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society : International Conference, Milan, 25–29 August 2015. P. 6034-6037.

14. Fang, Qun et al. "Impact of sport training on adaptations in neural functioning and behavioral performance: A scoping review with meta-analysis on EEG research". Journal of exercise science and fitness vol. 2022; 20,3:206-215. doi:10.1016/j.jesf.2022.04.001

15. Furley P, Bertrams A, Englert C, Delphia A. Ego depletion, attentional control, and decision making in sport. Psychology of Sport and Exercise. 2013;14 (6):900-904. URL: https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2013.08.006

16. Jatupaiboon N, Pan-ngum S, Israsena P. Real-Time EEG-Based Happiness Detection System. The Scientific World Journal. 2013; 2013: 1-12

17. Liu NH, Chiang CY, Chu H. C. Recognizing the degree of human attention using EEG signals from mobile sensors. Sensors. 2013.13 (8):10273-10286.

18. Makoto's preprocessing pipeline. Swartz Center for Computational Neuroscience. Режим доступу: https://sccn.ucsd.edu/wiki/Makoto's preprocessing pipeline

19. Memmert D, Simons DJ, Grimme T. The relationship between visual attention and expertise in sports. Psychology of Sport and Exercise. 2009;10 (1):146-151. URL: https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2008.06.002.

20. Palmer JA, Kreutz-Delgado K, Makeig S. AMICA: An adaptive mixture of independent component analyzers with shared components. 2012. P. 15. (Препринт. University of California San Diego). URL: http://sccn.ucsd.edu/~jason/ amica_a.pdf

21. Pion-Tonachini L, Kreutz-Delgado K, Makeig S. ICLabel: An automated electroencephalographic independent component classifier, dataset, and website. NeuroImage. 2019;198:181-197.

22. Ramyarangsi P, Bennett SJ, Siripornpanich V. et al. EEG differences in competitive female gymnastics, soccer, and esports athletes between resting states with eyes closed and open. Sci Rep 14, 23317 2024. https://doi.org/10.1038/s41598-024-74665-1

23. Zhang, Yan et al. "Comparison of Electroencephalogram Power Spectrum Characteristics of Left and Right Dragon Boat Athletes after 1 km of Rowing". Brain sciences vol. 12,12 1621. 25 Nov. 2022, doi:10.3390/brainsci12121621

24. Wu, Qianqian et al. "Characteristics of changes in the functional status of the brain before and after 1,000 m all-out paddling for different levels of dragon boat athletes." Frontiers in psychology vol. 14 1109949. 23 May. 2023, doi:10.3389/fpsyg.2023.1109949

pravda.oleksandr13@gmail.com
yaroslav.subin@knu.ua
lanasvet778899@gmail.com
shi-oksana@ukr.net
markizalus14@gmail.com

Надійшла 17.10.2024