**DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2026.03k(203).58**

***Орлов О.І.***
***кандидат педагогічних наук, доцент, Заслужений тренер України,***
***доцент кафедри технологій оздоровлення та фізкультурно-спортивної реабілітації;***
***Державний податковий університет, м. Ірпінь; докторант,***
***Український державний університет імені Михайла Драгоманова, м. Київ***
***http://orcid.org/0009-0003-3965-2620***
***Гуніна-Орлова Л.М.***
***доктор біологічних наук, професор, професор кафедри технологій***
***оздоровлення та фізкультурно-спортивної реабілітації,***
***Державний податковий університет, м. Ірпінь***
***https://orcid.org/0000-0002-6207-1117***

## МІСЦЕ ТА ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕППІНГМЕТРІЇ ПРИ ПОБУДОВІ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ ЄДИНОБОРСТВАМ У СТАРШІЙ ШКОЛІ

*Мета. Визначення доцільності та інформативності застосування результатів теппінгметрії для оцінки психофізіологічних і моторних показників як чинників формування методичної системи занять старшокласників єдиноборством дзю-дзюцу під час уроків фізичної культури.*

*Наукова новизна. Вперше на основі проведеного комплексного дослідження параметрів теппінг-тесту, кореляційного аналізу між його показниками за критерієм Спірмена та оцінки величини знайдених ефектів за формулою Cohen's d, які розцінюються від «великого» до «дуже великого», встановлено педагогічні і нейрофізіологічні паралелі та запропоновано алгоритм дій вчителя фізичної культури під час навчання єдиноборствам учнів загальноосвітніх шкіл віком 16-17 років.*

*Результати. Результати емпіричного дослідження із використанням методу теппінгметрії довели, що виникають зміни параметрів частоти рухів в серіях, загальної кількості рухів (працездатність), внутрішньої впевненості, часу одиночного руху та коефіцієнту стабільності результатів, які відповідають поетапному формуванню адаптаційних перебудов нервово-м'язової системи під впливом регулярних занять єдиноборствами.*

Висновки. *Застосування теппінг-тесту дає змогу вивчати перебіг психофізіологічних процесів, що з високим рівнем вірогідності дозволяє оцінювати індивідуальні та групові зміни педагогічних і нейрофізіологічних критеріїв підготовленості учнів, формувати та своєчасно корегувати програму занять єдиноборствами. На основі вищесказаного, можна констатувати, що теппінгметрія з високим рівнем доцільності може слугувати одним з наріжних каменів формування методичної системи занять старшокласників єдиноборствами на уроках фізичної культури в загальноосвітній школі.*

***Ключові слова:*** *загальноосвітня школа, учні старших класів, фізичне виховання, єдиноборства, дзю-дзюцу, теппінг-тест.*

***Orlov Oleksander, Gunina-Orlova Larysa. The Role and Feasibility of Tapping Metrics in Developing a Methodological System for Teaching Combat Sports in Senior School.***

*Purpose. To determine the feasibility and informativeness of tapping test metrics for assessing psychophysiological and motor indicators as determinants in the formation of a methodological system for teaching senior school students jujutsu within physical education classes.*

*Scientific novelty. An analytical and synthetic approach was applied to examine contemporary scientific and methodological literature, Internet resources, and scientometric databases (SCOPUS, Medline, SportDiscus) focusing on neuromotor control and the pedagogical integration of psychophysiological testing. The literature analysis revealed insufficient coverage of the dynamics of tapping tempo stability in adolescents engaged in combat sports, as well as the absence of unified methodological approaches to integrating tapping metrics into the structure of physical education lessons. At the second stage, a pedagogical experiment was carried out involving senior school students systematically practicing jujutsu. The empirical findings demonstrated significant changes in movement frequency across series, total number of movements (work capacity), confidence indicators, single-movement time, and performance stability. These changes reflect stage-by-stage neuromuscular adaptive remodeling under regular combat sports training. For the first time, based on a comprehensive assessment of tapping test parameters, Spearman's rank correlation analysis of their interrelationships, and effect size estimation using Cohen's d (ranging from large to very large), pedagogical and neurophysiological parallels were established. On this basis, an evidence-based decision-making algorithm was developed to guide physical education teachers in designing and timely adjusting combat sports training programs for secondary school students aged 16–17 years.*

*Results. The findings of the empirical study employing the tapping metry method demonstrated significant changes in movement frequency across series, total number of movements (work capacity), internal confidence, single-movement time, and the coefficient of performance stability. These changes correspond to the stage-by-stage development of adaptive neuromuscular remodeling under the influence of regular combat sports training.*

*Conclusions. Tapping metrics demonstrate high feasibility, accessibility, and prognostic value and may serve as a fundamental tool in developing a methodological system for teaching combat sports in general secondary education.*

***Keywords:*** *secondary school, senior students, physical education, combat sports, jujutsu, tapping test.*

**Постановка проблеми.** Моніторинг при фізичних навантаженнях є одним із ключових напрямів сучасної спортивної науки, оскільки він відіграє визначальну роль в оптимізації тренувального процесу, оцінці адаптаційних перебудов організму спортсмена та профілактиці розвитку небажаних функціональних і медико-біологічних змін [5]. Систематичний контроль дозволяє своєчасно виявляти відхилення у функціональному стані, коригувати навантаження та забезпечувати безпечність підготовки. У структурі моніторингу провідне місце належить прогнозуванню, яке виступає інтегральним компонентом оцінки ефективності функціонування всієї системи підготовки. Спортивне прогнозування спрямоване на визначення ймовірності досягнення змагального успіху на основі комплексного аналізу поточного стану спортсмена та виявлення провідних якостей, що детермінують результат у конкретному виді спорту [26]. Таким чином, при руховій активності поєднання моніторингу та прогнозування формує науково-обґрунтовану систему управління підготовкою, що базується на об'єктивних показниках функціонального стану та адаптаційних можливостей організму спортсменів. В той же час, у навчальному процесі в загальноосвітніх школах − це теорія та методика побудови занять фізичною культурою під час уроків, направлена на розвиток фізичних здібностей, які безпосередньо корелюють зі станом здоров'я підростаючого покоління. Одним з ефективних способів підтримки стану здоров'я та якості життя підлітків, навчання прийомам самооборони є заняття єдиноборствами [7].

Сучасні тенденції розвитку єдиноборств передбачають підвищення інтенсивності тренувального процесу та зростання вимог до швидкісно-координаційних здібностей. У зв'язку з цим особливого значення набуває своєчасний контроль функціональних можливостей та поточного стану нервової та м'язової системи, що дозволяє об'єктивувати рівень адаптації до навантажень та попереджати розвиток центральної перевтоми [2].

Одним із простих, доступних і водночас інформативних методів оцінки психомоторної функції в єдиноборствах є теппінг-тест, що дозволяє визначати швидкість елементарних рухів, стійкість темпу, оцінювати втомлюваність та навіть функціональну асиметрію [18, 31]. Показники теппінгметрії відображають мобільність нервових процесів, ефективність кортико-спінальної регуляції та рівень центральної активації, що має безпосереднє значення для рухової діяльності [22].

Теппінг-тест (tapping test) − це психофізіологічна методика, спрямована на оцінку функціонального стану центральної нервової системи (ЦНС), швидкісних можливостей нервово-м'язового апарату та стійкості до втоми. Він виконується як за допомогою автоматизованих приладів, так і в ручному режимах. Цей тест полягає у максимально швидкому нанесенні точок кульковою ручкою протягом визначеного часу (зазвичай 5–60 с) з подальшим аналізом динаміки частоти рухів. Методика ґрунтується на положеннях щодо визначення типологічних властивостей нервової системи (сила, рухливість, врівноваженість нервових процесів). Зниження частоти рухів упродовж тесту інтерпретується як показник виснаження нервових процесів, тоді як стабільність або зростання темпу − як прояв функціональної стійкості [3; 4; 18].

У спортивній практиці під час проведення теппінгметрії найбільш часто аналізують максимальну частоту рухів (англ. *peak tapping rate*); середню частоту рухів; індекс стомлення (зміна частоти в часі); варіабельність темпу; коефіцієнт нервово-м'язової працездатності. Ці показники відображають в нейрофізіології такі дуже важливі для покращення ефективності занять спортом та під час спланованої рухової активності у не спортсменів як швидкість сенсомоторної реакції, функціональний стан ЦНС, рівень психомоторної координації, ступінь центральної втоми та адаптацію до тренувальних навантажень [13]. У видах, що належать до єдиноборств (дзюдо, тхеквондо, бокс, карате, ушу, дзю-дзюцу тощо), теппінг-тест має особливу цінність, оскільки ці дисципліни характеризуються високою частотою вибухових рухів, потребою у швидкісній сенсомоторній відповіді, короткими інтервалами прийняття рішень і поєднанням фізичного та психоемоційного напруження [4]. У контексті психофізіологічної діагностики рухової активності в дослідженнях використовують теппінг-тест для оцінки властивостей нервової системи та швидкісної мобільності рухів [2; 3].

У єдиноборствах ці фактори відіграють провідну роль, оскільки там ефективність технічних дій визначається швидкістю сенсомоторної реакції, точністю рухових відповідей та здатністю зберігати стабільність темпу в умовах зростаючої втоми. Психомоторна стабільність є важливим компонентом спеціальної працездатності спортсменів єдиноборств [16; 28].

Результати теппінг-тесту можна використати також для оцінки швидкісної готовності, оскільки підвищений темп теппінг-тесту корелює з швидкістю ударних дій, темпом атакуючих серій, швидкістю реакції на суперника [11; 14]. В українських дослідженнях єдиноборств і бойових мистецтв психофізіологічні методи, включно з теппінгом, застосовуються для оцінки мотиваційно-регуляторних і моторних характеристик спортсменів [26]. Аналіз асиметрії функціональних показників через теппінг-методику використовується в роботах вітчизняних вчених для оцінки технічної ефективності та розвитку координаційних навичок [14]. З огляду на сказане, застосування теппінг-тесту в системі контролю підготовленості єдиноборців є методично доцільним.

Особливої актуальності набуває використання теппінгметрії в умовах закладів загальної середньої освіти. Вік 16–17 років характеризується завершенням формування провідних механізмів центральної нервової регуляції, стабілізацією кортикальної збудливості та високою пластичністю адаптаційних процесів [8; 32]. Водночас інтенсифікація навчального та фізичного навантаження може створювати передумови для функціонального перенапруження ЦНС і стану м'язової системи та погіршення нервово-м'язової провідності [27; 30].

Водночас аналіз сучасних наукових джерел засвідчує наявність низки недостатньо розроблених аспектів. Зокрема, обмежено висвітленими залишаються питання динаміки стабільності темпу теппінг-тесту в старшокласників,

які систематично займаються єдиноборствами; не сформовано цілісних методичних підходів до інтеграції теппінгметрії у структуру уроків фізичної культури; недостатньо обґрунтованою залишається й прогностична значущість показників варіативності темпу щодо раннього виявлення функціональної втоми.

Таким чином, формування та наукове обґрунтування методичної системи занять старшокласників єдиноборствами як видом рухової активності (на прикладі прадавнього та найбільш універсального єдиноборства Сходу дзю-дзюцу) на уроках фізичної культури із використанням даних теппінг-тесту як однієї з важливих складових оцінки, контролю та управління, є актуальним і своєчасним.

Крім того, на сучасному етапі наукових розвідок залишається недостатньо висвітленими питання, які й обґрунтовують актуальність проведеного дослідження, а саме:

- динаміка частоти теппінгу в старшокласників, які займаються єдиноборствами;
- зв'язок психомоторних показників із віковими та тренувальними параметрами;
- методичні підходи до впровадження теппінгметрії в навчально-тренувальний процес;
- методичний контроль динаміки швидкісних характеристик у контексті зв'язку із процесами ЦНС;
- особливості використання тесту як прогнозного інструменту для оцінки працездатності.

**Мета дослідження** − визначити доцільність та інформативність застосування результатів теппінгметрії для оцінки психофізіологічних і моторних показників як чинників формування методичної системи занять старшокласників єдиноборством дзю-дзюцу під час уроків фізичної культури.

Відповідно до поставленої мети було сформовано **наступні завдання** дослідження:

1. Визначити показники частоти рухів, їх зв'язок із серійністю, працездатністю, внутрішньою впевненістю, часом одиночного руху та стабільності показників у динаміці дворічних занять в учнів 10–11 класів.
2. Проаналізувати взаємозв'язки змін зазначених показників у динаміці навчального року (класу) та між класами.
3. Розробити науково-методичні рекомендації щодо використання теппінгметрії в системі контролю фізичної підготовленості старшокласників.

На основі аналізу даних нами було сформовано *гіпотезу дослідження*. Ми припускаємо, що в учнів 10–11 класів, які систематично займаються дзю-дзюцу, показники стабільності темпу рухів (теппінг-тест) підвищуються згідно онтогенетичним особливостям (вік 16-17 років) та тренувальним досвідом, і ці зміни корелюють із етапними процесами формування нервово-м'язової регуляції.

**Методи та організація дослідження.** На першому етапі проведено аналітико-синтетичну роботу з вивчення та узагальнення даних сучасної наукової та науково-методичної літератури, мережі Internet, науково-метричних баз даних SCOPUS, Medline, SportDiscus з проблеми наукової розвідки, узагальнення досвіду практики. На другому етапі був поставлений педагогічний експеримент із визначення показників теппінгметрії в учнів старшої школи під час занять єдиноборствами та статистична обробка одержаних даних.

У дослідженні брали участь 20 учнів 10–11 класів (усі юнаки) загальноосвітніх закладів м. Переяслава та Бориспільського району Київської області, які на уроках фізичної культури за їхнім вибором протягом навчання у 10-11 класах займалися єдиноборствами (єдиноборство Сходу дзю-дзюцу). Дизайн дослідження був обраний як лонгітюдний послідовний на 5 етапах у динаміці навчання по півріччям.

Дослідження проведено у повній відповідності до міжнародних та національних біоетичних норм і принципів проведення медичних досліджень за участю людини, зокрема відповідно до положень Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (World Medical Association Declaration of Helsinki, у редакції 1964 року з подальшими доповненнями, остання редакція − 2024), Міжнародних етичних настанов з біомедичних досліджень за участю людини (CIOMS) та Бельмонтського звіту Усі батьки учасників дослідження добровільно підписували «Інформовану згоду про участь їх дітей в педагогічному експерименті», а самі учні були належним чином поінформовані про добровільний характер участі, конфіденційність отриманих даних, основну мету, завдання, тривалість і сутність дослідження. Кожному учаснику було роз'яснено його права та обов'язки, а також надано право припинити участь у дослідженні на будь-якому етапі без будь-яких негативних наслідків і без пояснення причин.

Функціональні можливості нервової системи вивчали за допомогою динамічного визначення результатів теппінг-тесту з урахуванням сучасних підходів до стандартизації процедури тестування в спортивній практиці [18, 31]. Результати тесту дозволяють дати експрес-оцінку силі-слабкості нервової системи на основі визначення її функціональній витривалості, а також виявити особливості психомоторної працездатності за показниками максимальної частоти рухів [16].

Арсенал теппінг-тесту передбачає його використання для визначення індивідуальних та групових характеристики осіб, які займаються руховою активністю. Ми використовували теппінгметрію як інструмент саме групової оцінки змін функціональних характеристик нервової системи старшокласників протягом двох років навчання. Тривалість тесту становила 30 с**,** що відповідає його класичній модифікації для оцінки функціональних можливостей організму [5]. Такий час дослідження є оптимальним для оцінки стабільності нервових процесів; виявлення початкових ознак стомлення; мінімізації впливу локальної м'язової втоми. Такий формат широко застосовується у спортивній психофізіології та дозволяє порівнювати результати з іншими дослідженнями [31]. Реєстрація здійснювалася з інтервалами по 5 с (усього 6 інтервалів). Тест виконувався домінантною для кожного обстеженого учня рукою. Завдання, яке ми ставили спільно з вчителем фізичної культури, було сформульовано як нанесення максимальної кількості точок по визначеній площині (6 квадратів).

Тестування проводили у приміщенні з природним освітленням при температурі 19–21°C у першій половині дня в стані відносного спокою (не раніше ніж через 24 год по закінченні навантаження) після стандартного інструктажу.

Учасники виконували пробу в зручній позиції сидячи за столом [3]. На основі одержаних даних розраховували наступні показники згідно методичних вказівок, наведених в джерелі [9]. Зокрема, вираховували декілька показників.

1. Частота рухів в серіях ($\sum_i$) шляхом вибору квадрату з максимальною кількістю точок.

2. Загальна кількість рухів (*англ.* Total Taps) − інтегральний показник швидкісної моторики, або, як ми назвали, працездатність, за формулою (1):

$$R = T_1+T_2+T_3+T_4+T_5+T_6 \quad (1)$$

де: R – працездатність, тобто сумарна кількість точок по квадратах за час проведення тесту; $T_1$ …..$T_6$ – окремі дані кількості точок в кожному окремому квадраті.

**3.** Внутрішня впевненість за формулою (2)

$$ВП = \frac{R}{6} \quad (2),$$

де: ВП − внутрішня впевненість, R – працездатність, 6 – кількість квадратів нанесення точок.

4. Час одиночного руху за формулою (3):

$$ЧОР = \frac{t}{R} \quad (3);$$

де: ЧОР − час одиночного руху, мс; t – час проведення тесту, 30 с; R – загальна кількість точок.

5. Коефіцієнт стабільності, який відображається за формулою (4) через мінімальну та максимальну кількість нанесених точок за час проведення тесту:

$$St = \frac{MIN}{MAX} \quad (4),$$

де: St (stability) – коефіцієнт стабільності, що відображає узгодженість характеристик в тесті на різних етапах дослідження; MIN – мінімальна кількість нанесених точок у квадраті; MAX − максимальна кількість нанесених точок у квадраті [3].

Згідно з поглядами вчених, що розвивають класичну психофізіологічну концепцію (М. В. Макаренко, О. М. Кокун, М. М. Філіппов, Л. В. Подригало, S. Chaabouni et al., M. Takemi et al. та ін. автори), стабільно зростаючий темп свідчить про високий рівень мобільності нервових процесів, тоді як виражене зниження частоти рухів вказує на швидкий розвиток центральної втоми. У спортивній практиці показники варіативності темпу та індексу втомлюваності використовуються як маркери нейромоторної стабільності та функціонального стану [17, 18, 31.

Одержані результати обробляли статистично за допомогою інтегрованого пакету програм Microsoft Excel та ліцензійної комп'ютерної програми «SPSS» [1]. Вираховували середнє арифметичне ($\bar{x}$), стандартне відхилення (SD), максимальне та мінімальне значення. Значущими вважали відмінності при загальноприйнятому рівні вірогідності ($p < 0,05$). Перед аналізом достовірності розбіжностей здійснювали оцінку нормальності розподілу даних з використанням критерію Шапіро-Вілка, що є рекомендованим для вибірок чисельністю менше 50 осіб. Якщо критерій відповідав нормальному розподілу, то обробку достовірності різниці проводили із використанням параметричного t-критерію Стьюдента, якщо ні – то з використанням непараметричного критерію Вілкоксона-Манна-Вітні [12]. Для встановлення взаємозв'язку між між показниками теппінг-тесту було проведено кореляційний аналіз із визначенням коефіцієнту Спірмена. Було також здійснено математичне обґрунтування величини ефекту (Cohen's d)[1] із застосуванням таблиці «Стандарти Коена для малих, середніх та великих розмірів ефектів» [10]. Оскільки дослідження мало лонгітюдний дизайн і передбачало динамічні вимірювання одних і тих самих показників у тих самих обстежуваних (п'ять етапів спостереження), аналіз динаміки проводили з урахуванням залежності вибірок.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Динамічний аналіз показників психомоторної діяльності та функціонального стану учнів упродовж етапів дослідження свідчить про поетапне формування адаптаційних змін нервово-м'язової системи під впливом навчально-тренувального навантаження (табл. 1).

*Таблиця 1*

**Показник основних параметрів теппінг-тесту в динаміці занять старшокласників єдиноборством дзю-дзюцу на уроках фізичної культури**

| Етап дослідження | n | Показники, що досліджували ($\bar{x}$±SD | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | частота рухів, кількість точок за визначений проміжок часу | працездатність | внутрішня впевненість | час одиночного руху, мс |
| 0 | 20 | 28,42±6,44 | 163,6±21,4 | 26,21±5,71 | 136,5±20,4 |
| 1 | 20 | 33,60±5,88* | 187,0±23,5* | 31,14±3,93* | 162,8±21,1* |
| 2 | 20 | 37,85±4,01# | 204,9±19,7# | 34,19±3,28*# | 147,4±14,2*# |
| 3 | 19 | 38,47±3,79Δ1-3 | 206,7±14,7Δ1-3 | 34,35±2,43*Δ1-3 | 146,1±7,2* Δ1-3 |
| 4 | 19 | 39,90±3,25*Δ2-4 | 223,3±16,8*#Δ2-4 | 37,18±2,79*#Δ2-4 | 134,9±9,7*#Δ2-4 |

[1] **Cohen's d (**Коен*d***) – це** міра «розміру ефекту», яка заснована на відмінностях між двома групами результатів. Назван на честь американського статистика Джейкоба Коена; вимірює відносну силу відмінностей на основі вибіркових даних. Потім обчислене значення розміру ефекту порівнюється з табличними стандартами Коена малих, середніх та великих розмірів ефекту

*Примітки*: 1. * − різниця між даними «0» та 1-ого етапу статистично значуща ($p < 0,05$); 2. # − різниця між даними «1» та 2-ого етапу статистично значуща ($p < 0,05$); 3.Δ − різниця між даними етапів «1 − 3» та «2 – 4» статистично значуща ($p < 0,05$); 4. обробка із використанням непараметричних критеріїв оцінки достовірності розбіжностей.

На вихідному етапі середнє значення частоти рухів становило 28,42±6,44 точок. Уже на першому етапі зафіксовано статистично значуще зростання показника на 18,2 % ($p < 0,05$), що свідчить про швидку реакцію центральних регуляторних механізмів на тренувальний стимул. Подальше зростання частоти рухів на другому та третьому етапах носило прогресивний характер. Найвищі значення зафіксовано на четвертому етапі (39,90±3,25 точок), що у відсотковому співвідношенні становить приріст 40,39 % від вихідного рівня. Водночас спостерігалося зменшення варіативності (SD), що може свідчити про стабілізацію рухових навичок та оптимізацію нейромоторної координації. Таким чином, зміни частоти рухів мають не лише кількісний, а й якісний характер, що відображає формування більш економічної та стійкої моделі рухової регуляції.

Показник працездатності зростав поступово на всіх етапах дослідження: від 163,56±21,47 на вихідному рівні до 223,3±16,8 на четвертому етапі. Приріст перевищував 36 %, що свідчить про виражений кумулятивний ефект тренувального впливу під час занять єдиноборствами учнів 10−11 класів. Статистично значущі ($p < 0,05$) відмінності між 1–3 та 2–4 етапами підтверджують поступовий перехід від початкової адаптаційної відповіді до стійких довготривалих змін функціонального стану.

На відміну від частоти рухів, показник часу одиночного руху до заключного етапу дослідження, хоча й з коливаннями, але продемонстрував тенденцію до зниження, починаючи від «0», що свідчить про прискорення сенсомоторної реакції. Зменшення цього показника в поєднанні зі зростанням частоти рухів підтверджує покращення швидкісних характеристик нервово-м'язової передачі та оптимізацію міжцентральної координації.

Рівень внутрішньої впевненості зростав поступово на всіх етапах, досягаючи максимальних значень наприкінці дослідження (приріст на 19,3 % від значень 1 етапу). Це свідчить про формування позитивної психоемоційної установки у досліджених, що є важливим компонентом вивчення єдиноборств у загальноосвітній школі.

Для встановлення взаємозв'язку між частотою рухів та внутрішньою впевненістю визначали коефіцієнт кореляції Спірмена, що виявило позитивний статистично значущий кореляційний зв'язок ($r_s = 0,58–0,71$ залежно від етапу дослідження; $p < 0,05$). Отримані результати вказують, що зі зростанням швидкісних можливостей нервово-м'язової системи підвищується і суб'єктивне відчуття впевненості у власних можливостях. Це дозволяє розглядати психомоторну швидкість як один із чинників формування психологічної готовності до ускладнення технічних дій. Більш виражені кореляційні зв'язки на пізніх етапах дослідження можуть свідчити про інтеграцію моторних і психоемоційних механізмів у процесі адаптації [7; 18; 22].

Параметри теппінг-тесту несуть інформацію не лише про практичну складову рівня функціональної підготовленості учнів під час занять єдиноборствами (на прикладі дзю-дзюцу), але й про нейрофізіологічну компоненту отриманих даних, що узагальнено нами на рисунку 1.

Запропонована схема відображає ієрархічну організацію нейрофізіологічних механізмів, що забезпечують адаптацію старшокласників, які займаються єдиноборствами, до систематичних постійно зростаючих за інтенсивністю фізичних навантажень.

На центральному рівні адаптація пов'язана з підвищенням збудливості моторної кори, оптимізацією кортико-спінальних зв'язків та вдосконаленням механізмів формування моторних програм [33]. Регулярні тренування сприяють посиленню нейронного драйву та поліпшенню міжпівкульної координації, що забезпечує швидшу ініціацію рухових актів [17].

Зростання ефективності кортикальної регуляції є ключовим чинником удосконалення швидкісно-силових і координаційних характеристик у єдиноборствах [29]. На рівні спинного мозку адаптація проявляється в оптимізації рекрутингу моторних одиниць, підвищенні частоти імпульсації мотонейронів та вдосконаленні внутрішньом'язової координації [23]. Регулярні заняття учнів призводять до зниження порогу активації швидких моторних одиниць і покращення синхронізації їх роботи [15; 19]. Ці зміни безпосередньо впливають на здатність підтримувати високий темп рухів у короткочасних тестах теппінгметрії.




**Рис. 1. Нейрофізіологічна модель адаптації спортсменів 16–17 років, які займаються дзю-дзюцу, з урахуванням центральних і периферичних механізмів регуляції**

Периферичний (нервово-м'язовий) компонент включає прискорення нейром'язової передачі, підвищення ефективності деполяризації мембран та координацію м'язових ланцюгів [25]. Під впливом занять єдиноборством дзю-дзюцу зростає узгодженість активації моторних одиниць і зменшується варіативність скорочень [21]. Оптимізація периферичних механізмів забезпечує економізацію рухової діяльності та підвищення її стабільності. Тобто, сумарний ефект центральних, спинальних і периферичних адаптацій проявляється в зниженні варіативності рухів; зменшенні втомлюваності; скороченні латентного часу реакції та підвищенні швидкісної витривалості [8]. Таким чином, теппінг-тест виступає об'єктивним індикатором інтегрованої нейромоторної адаптації, оскільки відображає сумарний стан центральної регуляції та периферичної реалізації руху [18].

Що стосується коефіцієнту стабільності змін показників теппінг-тесту, які вивчали, то його динаміку наведено на рисунку 2.

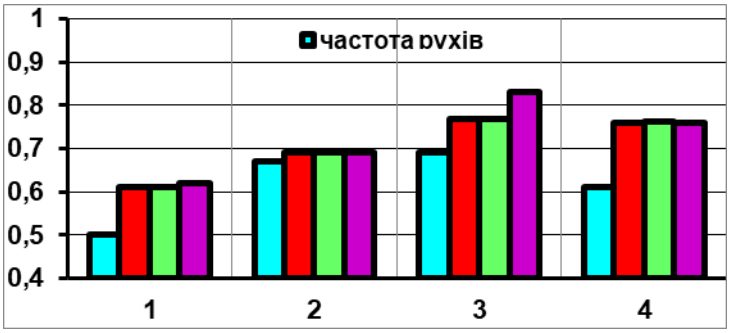


Рис. 2. Зміни коефіцієнту стабільності характеристик теппінг-тесту на етапах навчання старшокласників єдиноборствам в 10-11 класах

Дані, наведені на діаграмі, відображають зміни стабільності характеристик теппінг-тесту впродовж чотирьох етапів навчання старшокласників єдиноборствам, що відповідають послідовним півріччям у 10-му та 11-му класах. Аналіз динаміки показників свідчить про поетапне зростання стабільності виконання швидкісних рухів упродовж дворічного періоду навчання. На першому етапі (1 півріччя 10 класу) спостерігається найбільша варіативність результатів, що відображає початковий рівень нейромоторної адаптації та нестабільність темпу виконання рухів.

На другому етапі (2 півріччя 10 класу) фіксується тенденція до зменшення коливань показників і підвищення рівня стабільності, що може свідчити про формування базових механізмів моторного контролю та адаптацію центральних регуляторних структур. Третій етап (1 півріччя 11 класу) характеризується подальшим зниженням варіативності та наближенням показників до більш однорідного рівня. Це вказує на стабілізацію функціонального стану нервово-м'язової системи та вдосконалення координаційних механізмів [20]. На завершальному, четвертому, етапі дослідження (2 півріччя 11 класу) спостерігається найвищий рівень стабільності характеристик теппінг-тесту. Мінімізація коливань показників свідчить про сформовану нейромоторну адаптацію, узгодженість центральних і периферичних механізмів регуляції та підвищення ефективності сенсомоторної діяльності учнів.

Поступове підвищення стабільності темпу виконання теппінг-тесту протягом чотирьох навчальних півріч є проявом довготривалої адаптації до систематичних занять єдиноборствами [24]. Одержані дані демонструють не лише кількісне покращення швидкісних характеристик, а й якісну перебудову системи моторного контролю в процесі навчання старшокласників єдиноборствам у 10–11 класах.

Для підтвердження впевненості в інформативності отриманих даних і для кількісної характеристики сили змін, зафіксованих між початковим та заключним етапами дослідження, було обчислено величину ефекту за формулою Cohen's d**.** Так, для частоти рухів, враховуючи зростання середнього значення з початкового 28,42±6,83 до заключного, на 4 етапі, 39,9±3,25, величина ефекту становить приблизно d≈1,8d ≈ 1,8d≈1,8, що відповідає великому ефекту (за класифікацією Cohen: 0,2 − малий; 0,5 − середній; 0,8 − великий) [10]. Приріст показника працездатності з 163,56±21,47 до 223,30±16,80 демонструє величину ефекту d≈2,7d ≈ 2,7d≈2,7, що свідчить про дуже великий кумулятивний тренувальний (навчальний) ефект. Зниження параметру ЧОР також супроводжувалося великим ефектом (d > 0,8), що підтверджує інформативність змін сенсомоторної регуляції. Таким чином, за всіма ключовими показниками встановлено не лише статистичну, але й високу практичну значущість отриманих змін та їх інформативність.

Отримані результати підтверджують, що, по-перше, теппінг-тест є чутливим індикатором нейромоторної адаптації, а його показники відображають інтеграцію центральних і периферичних механізмів. По-друге, виявлені зміни мають як функціональне, так і нейрофізіологічне підґрунтя. Тому ми вважаємо, що включення тесту до системи медико-біологічного контролю є методично обґрунтованим.

У стандартному форматі, на нашу думку, логіка прийняття рішень вчителем фізичної культури в загальноосвітній школі може виглядати наступним чином (табл. 2).

***Таблиця 2***

**Алгоритм прийняття рішень щодо корекції програми занять єдиноборствами учнів старшої школи**

| Стан теппінгу | Рекомендація |
|---|---|
| Стабільний темп | Планове навантаження |
| Падіння темпу (як варіант) | Легка корекція інтенсивності |
| Падіння темпу(як варіант) | Зменшення навантаження + оптимізація відновлення |
| Зростання темпу | Планове навантаження з можливістю інтенсифікації + обов'язковий контроль за функціональним станом учнів |

Очікуваними результатами впровадження вчителем фізичної культури цього алгоритму рішень, на наш погляд, будуть наступні моменти, які в сукупності приведуть до вдосконалення системи занять учнів єдиноборствами протягом 10−11 класів навчання в закладах середньої освіти:

1. підвищення нейромоторної стабільності;
2. зниження ризику перевтоми;
3. раннє виявлення дисбалансу адаптації;
4. обґрунтоване коригування навантаження;
5. формування у старшокласників культури самоконтролю.

**Висновки.** Таким чином, одержані дані свідчать, що теппінг-тест є доступним інформативним методом, який не потребує застосування складного апаратурного забезпечення і може бути виконаний вчителем безпосередньо на уроках фізичної культури.

Застосування теппінг-тесту дає змогу вивчати перебіг психофізіологічних процесів. Ця методологія з високим рівнем вірогідності дозволяє оцінювати індивідуальні та групові зміни педагогічних і нейрофізіологічних критеріїв підготовленості учнів під час навчального року, формувати та своєчасно корегувати програму занять єдиноборствами.

Сучасні методології обробки результатів вказують на високу надійність теппінг-тесту як інструменту контролю та управління процесом навчання єдиноборствам в загальноосвітній школі.

На основі вищесказаного, можна констатувати, що теппінгметрія з високим рівнем доцільності слугувати одним з наріжних каменів формування методичної системи занять єдиноборствами під час процесу навчання старшокласників єдиноборствам на уроках фізичної культури в загальноосвітній школі.

**Перспективи подальших досліджень** у даному напрямку полягають у поширенні методологічних підходів стосовно використання теппінг-тесту на уроках фізичної культури з паралельною оцінкою вираженості психофізіологічного та окисного стресу як основних чинників формування дезадаптації, розрахунком індексу втомлюваності та оцінки результатів ефективності занять єдиноборствами старшокласників.

**Конфлікт інтересів** – відсутній.

За допомогу в обчислені величини ефекту за формулою Cohen's d висловлюємо подяку головному фахівцю з економічних питань Служби крові МОЗ Україні к. е. н. Р.О. Кулікову

**Література**

1.Жерновнікова, Я. В., Пятисоцька, С., & Долгополова, Н. В. (2025). Порівняльний аналіз можливостей використання програмних засобів Microsoft Excel та SPSS при вивченні курсу «Інформаційні технології та статистична обробка даних у науковій діяльності з фізичної терапії». *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 15 (Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт)*, 8(195), 65–68. https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.08(195).13

2.Кокун, О. М. (2006). *Психофізіологія*. Київ: Центр навчальної літератури.

3.Лісовенко, А. Ф., & Бедан, В. Б. (2021). *Психофізіологія: Практикум (для самостійної підготовки здобувачів вищої освіти факультету психології, політології та соціології).* Одеса: Фенікс. https://dspace.onua.edu.ua/server/api/core/bitstreams/

4.Макаренко, М. В., & Лизогуб, В. С. (2003). Комп'ютерна система «Діагност-1» для визначення нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності. У М. В. Макаренко (Ред.), *Матеріали Всеукраїнського наукового симпозіуму «Особливості формування та становлення психофізіологічних функцій в онтогенезі»* (с. 60). Черкаси: ЧДУ.

5.Орлов, А. И., & Есельбаева, А. К. (2023). *Қозғалыс қабілеттігінің педагогикалық бақылаудың ғылыми-әдістемелік негіздері: Оқу құралы*. Алматы: Альманахъ. https://kazneb.kz/en/bookView/view?brId=1684397&simple=true

6.Орлов, О. І. (2013). *Методика навчання бойовим мистецтвам студентів вищих навчальних закладів* (Автореф. дис. … канд. пед. наук: 13.00.02). Київ.

7.Орлов, О. І. (2025). До проблеми вибору виду єдиноборств під час занять фізичною культурою в старшій школі. *Єдиноборства,* 4(38), 5−18. https://doi.org/10.15391/ed.2025-4.01

8.Орлов, О. І., & Чик, Б. К. (2024). Прогнозування функціональної підготовленості і побудови варіативної тактики ведення поєдинку елітних єдиноборців на основі оцінки психофізіологічного стану. *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 15: Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт)*, 8(181), 188–195. https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.8(181).34

9.Орлов, О. І., Артюшенко, А. О., Олешко, В. Г., Чередник, О. П., Малинський, І. Й., & Головащенко, Р. В. (2025). *Вдосконалення методики навчання дзю-дзюцу в закладах вищої освіти* (О. І. Орлов, ред.). Київ: АЗБУКА. https://eprints.cdu.edu.ua/pdf

10. Рибчук, О. Г. (2026). *Психологічні особливості розвитку критичного мислення офіцерів оперативного рівня* (Дис. … доктора філософії, спеціальність 053 – психологія). Національний університет оборони України, Київ. https://nuou.org.ua/assets/documents/dr-kep-rybc-26.pdf

11. Романенко, В., Веретельникова, Н., & Шандригось, В. (2024). Дослідження частоти рухів таеквондистів-юніорів. *Єдиноборства*, 1(27), 67–77. https://doi.org/10.15391/ed.2023-1.06

12. Сергієнко, Л. П. (2010). *Спортивна метрологія: Теорія і практичні аспекти*. Київ: КНТ. http://books.zntu.edu.ua/book_info.pl?id=169287

13. Філіппов, М. М. (2003). *Психофізіологія людини*. Київ: МАУП. https://books.ndcnangu.co.ua/books/PsFl6.pdf

14. Шандригось, В., Бойченко, Н., Тропін, Ю., & Латишев, М. (2024). Вплив функціональної асиметрії на виконання технічних дій у борців вільного стилю. *Єдиноборства*, 1(27), 110–122. https://doi.org/10.15391/ed.2023-1.10

15. Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology, 93*(4), 1318–1326. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00283.2002

16. Bridge, C. A., Ferreira da Silva Santos, J., Chaabene, H., Pieter, W., & Franchini, E. (2014). Physical and physiological profiles of taekwondo athletes. *Sports Medicine, 44*(6), 713–733. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0159-9

17. Carroll, T. J., Riek, S., & Carson, R. G. (2019). Neural adaptations to resistance training. *Sports Medicine, 49*(5), 705–716. https://doi.org/10.1007/s40279-019-01089-9

18. Chaabouni, S., Methnani, R., Al Hadabi, B., Al Busafi, M., Al Kitani, M., Al Jadidi, K., Samozino, P., Moalla, W., & Gmada, N. (2022). A simple field tapping test for evaluating frequency qualities of the lower limb neuromuscular system in soccer players: A validity and reliability study. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(7), 3792. https://doi.org/10.3390/ijerph19073792

19. Del Vecchio, A., Holobar, A., Falla, D., Felici, F., & Farina, D. (2019). Tutorial: Analysis of motor unit discharge characteristics from high-density surface EMG signals. *Journal of Applied Physiology, 126*(6), 1514–1528. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00726.2018

20. Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2017). Translating fatigue to human performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 49*(11), 2224–2238. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001398

21. Farina, D., Negro, F., & Dideriksen, J. L. (2014). The effective neural drive to muscles is the common synaptic input to motor neurons. *The Journal of Physiology, 592*(16), 3427–3441. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2014.273581

22. Gómez-Feria, J., Rojas-Valverde, D., & Gómez-López, M. (2023). Corticospinal adaptations following resistance training: A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 150*, 105191. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105191

23. Hudson, A. L., Gandevia, S. C., & Butler, J. E. (2019). A principle of neuromechanical matching for motor unit recruitment in human movement. *Exercise and Sport Sciences Reviews, 47*(3), 157–168. https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000191

24. Jiang, X., Li, Y., & Wang, H. (2025). Effects of exercise training on cortical excitability in athletes. *Frontiers in Psychology, 16*, 12491180. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.12491180

25. Martyn, J. A., Fagerlund, M. J., & Eriksson, L. I. (2009). Basic principles of neuromuscular transmission. *Anaesthesia, 64*(Suppl. 1), 1–9. https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2008.05865.x

26. Podrigalo, L., Iermakov, S., Romanenko, V., Baibikov, M., Galimskyi, V., Shutieiev, V., & Merdov, S. (2025). Prediction of success in taekwondo based on psychophysiological testing results. *Pedagogy of Physical Culture and Sports, 29*(4), 350–360. https://doi.org/10.15561/26649837.2025.0412

27. Powers, S. K., Radak, Z., Ji, L. L., & Jackson, M. (2024). Reactive oxygen species promote endurance exercise-induced adaptations in skeletal muscle. *Journal of Sport and Health Science, 13*, 780–792. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2024.03.002

28. Slimani, M., Chaabène, H., Miarka, B., Franchini, E., Chamari, K., & Cheour, F. (2018a). Kickboxing review: Anthropometric, psychophysiological and activity profiles. *Biology of Sport, 35*(3), 249–256. https://doi.org/10.5114/biolsport.2018.77827

29. Slimani, M., Miarka, B., & Bragazzi, N. L. (2018b). Neuromuscular adaptations and motor performance in combat sports athletes. *Frontiers in Physiology, 9*, 1156. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01156

30. Stellingwerff, T., Heikura, I. A., Meeusen, R., Bermon, S., Seiler, S., Mountjoy, M. L., & Burke, L. M. (2021). Overtraining syndrome and relative energy deficiency in sport: Shared pathways and complexities. *Sports Medicine, 51*(11), 2251–2280. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01491-0

31. Takemi M., Akahoshi M., Ushiba J., Furuya S. (2023). Behavioral and physiological fatigue-related factors influencing timing and force control learning in pianists. *Sci Rep. 13*(1), 21646. https://doi.org/10.1038/s41598-023-49226-7

32. Tomporowski, P. D., McCullick, B., Pendleton, D. M., & Pesce, C. (2015). Exercise and children's cognition: The role of exercise characteristics. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 55*, 287–301. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.04.010

33. Werner, S., Hasegawa, K., Kanosue, K., Strüder, H. K., Göb, T., & Vogt, T. (2021). Martial arts training is related to implicit intermanual transfer of visuomotor adaptation. *European Journal of Neuroscience, 53*(4), 1107–1123. https://doi.org/10.1111/ejn.15034

**References**

1.Zhernovnikova, Y. V., Pyatysotska, S., & Dolhopolova, N. V. (2025). Porivnyalniy analIz mozhlivostey vikoristannya programnih zasobIv Microsoft Excel ta SPSS pri vivchenni kursu «informatsiyni tehnologiyi ta statistichna obrobka danih u naukoviy diyalnosti z fizichnoyi terapiyi» [Comparative analysis of the possibilities of using Microsoft Excel and SPSS software in teaching the course "Information Technologies and Statistical Data Processing in Scientific Activity in Physical Therapy"]. *Naukovyi* chasopys *natsionalnogo pedagogichnogo universitetu imeni M. P. Drahomanova. Seriya* 15 (*Naukovo-pedagogichni problemy fizychnoi' kul'tury (fizychna kul'tura i sport)*, 8(195), 65–68. [in Ukrainian].

2.Kokun, O. M. (2006). Psihofiziologiya [*Psychophysiology].* Kyiv: Center for Educational Literature. [in Ukrainian].

3.Lisovenko, A. F., & Bedan, V. B. (2021*). Psihofiziologiya: Praktikum (dlya samostiynoyi pidgotovki zdobuvachiv vischoyi osviti fakultetu psihologiyi, politologiyi ta sotsiologiyi) [Psychophysiology: Practical manual (for independent study of higher education students of the Faculty of Psychology, Political Science and Sociology].* Odesa: Feniks. https://dspace.onua.edu.ua/server/api/core/bitstreams/ [in Ukrainian].

4.Makarenko, M. V., & Lyzohub, V. S. (2003). Komp'yuterna systema "Diahnost-1" dlya vyznachennya neyrodynamichnykh vlastyvostey vyshchoyi nervovoyi diyal'nosti. U M. V. Makarenko (Red.) [Computer system "Diagnost-1" for determining neurodynamic properties of higher nervous activity. In M. V. Makarenko (Ed.). *Materiali Vseukrayinskogo naukovogo simpoziumu «OsoblivostI formuvannya ta stanovlennya psihofiziologichnih funktsiy v ontogenezi» (s. 60)*. Cherkasy: Cherkasy State University [in Ukrainian].

5.Orlov, A. I., & Eselbaeva, A. K. (2023). *Қозғалыс қабілеттігінің педагогикалық бақылаудың ғылыми-әдістемелік негіздері: Оқу құралы* [*Pedagogical control of motor qualities: scientific and methodological foundations: textbook*]. Almaty: Almanach. https://kazneb.kz/en/bookView/view?brId=1684397&simple=true [in Kazakh].

6.Orlov, O. I. (2013). Metodika navchannya boyovim mistetstvam studentIv vischih navchalnih zakladIv [Methodology of teaching martial arts to students of higher education institutions] (*Avtoreferat dysertatsii na zdobuttia naukovoho stupenia kandidata pedagogichnich nauk*: 13.00.02). Kyiv, Ukraine [in Ukrainian].

7.Orlov, O. I. (2025). Do problemi viboru vidu Edinoborstv pId chas zanyat fIzichnoyu kulturoyu v starshly shkolI [To the problem of choosing a type of martial arts for an hour to engage in physical education in high school To the problem of choosing a type of martial arts for an hour to engage in physical education in high school]. *Edinoborstva.* 4(38), 5−18. https://doi.org/10.15391/ed.2025-4.01 [in Ukrainian].

8.Orlov, O. I., & Chik, B. K. (2024). Prognozuvannya funktsionalnoyi pidgotovlenosti i pobudovi variativnoyi taktiki vedennya poedinku elitnih edinobortsiv na osnovi otsinki psihofiziologichnogo stanu [Forecasting functional fitness and building variable tactics for fighting elite martial artists based on assessment of psychophysiological state]. *Naukovyi* chasopys *natsionalnogo pedagogichnogo universitetu imeni M. P. Drahomanova. Seriya* 15 (*Naukovo-pedagogichni problemy fizychnoi' kul'tury (fizychna kul'tura i sport).* 8(181), 188–195. https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.8(181).34 [in Ukrainian].

9.Orlov, O. I., Artiushenko, A. O., Oleshko, V. H., Cherednyk, O. P., Malynskyi, I. Y., & Holovashchenko, R. V. (2025). Vdoskonalennia metodyky navchannia dziu-dziutsu v zakladakh vyshchoi osvity: pidruchnyk (za zah. red. O. I. Orlova) [*Improvement of the methodology of teaching judo-judo in higher education institutions: a manual (ed. by O. I. Orlova)*]. Azbuka, Kyiv. https://eprints.cdu.edu.ua/pdf [in Ukrainian].

10. Rybchuk, O. G. (2026). Psihologichni osoblivosti rozvitku kritichnogo mislennya ofitseriv operativnogo rivnya [Psychological features of the development of critical thinking of operational-level officers] (*Dis. … doktora filosofiyi, spetsialnist 053 – psihologiya*). NatsIonalniy unIversitet oboroni Ukrayini, Kyiv https://nuou.org.ua/assets/documents/dr-kep-rybc-26.pdf [in Ukrainian].

11. Romanenko, V., Veretelnikova, N., & Shandrigos, V. (2024). DosIIdzhennya chastoti ruhIv taekvondistIv-yunIorIv [Research on the frequency of movements of junior taekwondo athletes]. *Edinoborstva*, 1(27), 67–77. https://doi.org/10.15391/ed.2023-1.06 [in Ukrainian].

12. Sergienko, L. P. (2010). Sportivna metrologIya: Teoriya i praktichni aspekti [*Sports Metrology: Theory and Practical Aspects*]. Kyiv: KNT http://books.zntu.edu.ua/book_info.pl?id=169287 [in Ukrainian].

13. Filippov, M. M. (2003). Psihofiziologiya lyudini [*Human psychophysiology*]. Kyiv: IAPM https://books.ndcnangu.co.ua/books/PsFI6.pdf [in Ukrainian].

14. Shandrygos, V., Boychenko, N., Tropin, Y., & Latyshev, M. (2024). Vpliv funktsionalnoyi asimetriyi na vikonannya tehnichnih diy u bortsiv vilnogo stilyu [The influence of functional asymmetry on the performance of technical actions in freestyle wrestlers]. *Edinoborstva*, 1(27), 110–122. https://doi.org/10.15391/ed.2023-1.10 [in Ukrainian].

15. Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology, 93*(4), 1318–1326. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00283.2002 [in English].

16. Bridge, C. A., Ferreira da Silva Santos, J., Chaabene, H., Pieter, W., & Franchini, E. (2014). Physical and physiological profiles of taekwondo athletes. *Sports Medicine, 44*(6), 713–733. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0159-9 [in English].

17. Carroll, T. J., Riek, S., & Carson, R. G. (2019). Neural adaptations to resistance training. *Sports Medicine, 49*(5), 705–716. https://doi.org/10.1007/s40279-019-01089-9 [in English].

18. Chaabouni, S., Methnani, R., Al Hadabi, B., Al Busafi, M., Al Kitani, M., Al Jadidi, K., Samozino, P., Moalla, W., & Gmada, N. (2022). A simple field tapping test for evaluating frequency qualities of the lower limb neuromuscular system in soccer players: A validity and reliability study. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(7), 3792. https://doi.org/10.3390/ijerph19073792 [in English].

19. Del Vecchio, A., Holobar, A., Falla, D., Felici, F., & Farina, D. (2019). Tutorial: Analysis of motor unit discharge characteristics from high-density surface EMG signals. *Journal of Applied Physiology, 126*(6), 1514–1528. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00726.2018 [in English].

20. Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2017). Translating fatigue to human performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 49*(11), 2224–2238. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001398 [in English].

21. Farina, D., Negro, F., & Dideriksen, J. L. (2014). The effective neural drive to muscles is the common synaptic input to motor neurons. *The Journal of Physiology, 592*(16), 3427–3441. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2014.273581 [in English].

22. Gómez-Feria, J., Rojas-Valverde, D., & Gómez-López, M. (2023). Corticospinal adaptations following resistance training: A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 150*, 105191. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105191 [in English].

23. Hudson, A. L., Gandevia, S. C., & Butler, J. E. (2019). A principle of neuromechanical matching for motor unit recruitment in human movement. *Exercise and Sport Sciences Reviews, 47*(3), 157–168. https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000191 [in English].

24. Jiang, X., Li, Y., & Wang, H. (2025). Effects of exercise training on cortical excitability in athletes. *Frontiers in Psychology, 16*, 12491180. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.12491180 [in English].

25. Martyn, J. A., Fagerlund, M. J., & Eriksson, L. I. (2009). Basic principles of neuromuscular transmission. *Anaesthesia, 64*(Suppl. 1), 1–9. https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2008.05865.x [in English].

26. Podrigalo, L., Iermakov, S., Romanenko, V., Baibikov, M., Galimskyi, V., Shutieiev, V., & Merdov, S. (2025). Prediction of success in taekwondo based on psychophysiological testing results. *Pedagogy of Physical Culture and Sports, 29*(4), 350–360. https://doi.org/10.15561/26649837.2025.0412 [in English].

27. Powers, S. K., Radak, Z., Ji, L. L., & Jackson, M. (2024). Reactive oxygen species promote endurance exercise-induced adaptations in skeletal muscle. *Journal of Sport and Health Science, 13*, 780–792. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2024.03.002 [[in English]

28. Slimani, M., Chaabène, H., Miarka, B., Franchini, E., Chamari, K., & Cheour, F. (2018a). Kickboxing review: Anthropometric, psychophysiological and activity profiles. *Biology of Sport, 35*(3), 249–256. https://doi.org/10.5114/biolsport.2018.77827 [in English]

29. Slimani, M., Miarka, B., & Bragazzi, N. L. (2018b). Neuromuscular adaptations and motor performance in combat sports athletes. *Frontiers in Physiology, 9*, 1156. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01156 [in English].

30. Stellingwerff, T., Heikura, I. A., Meeusen, R., Bermon, S., Seiler, S., Mountjoy, M. L., & Burke, L. M. (2021). Overtraining syndrome and relative energy deficiency in sport: Shared pathways and complexities. *Sports Medicine, 51*(11), 2251–2280. https://doi.org/10.1007/s40279-021-01491-0 [in English].

31. Takemi M., Akahoshi M., Ushiba J., Furuya S. (2023). Behavioral and physiological fatigue-related factors influencing timing and force control learning in pianists. *Sci Rep*. *13*(1), 21646. https://doi.org/10.1038/s41598-023-49226-7 [in English].

32. Tomporowski, P. D., McCullick, B., Pendleton, D. M., & Pesce, C. (2015). Exercise and children's cognition: The role of exercise characteristics. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 55*, 287–301. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.04.010 [in English].

33. Werner, S., Hasegawa, K., Kanosue, K., Strüder, H. K., Göb, T., & Vogt, T. (2021). Martial arts training is related to implicit intermanual transfer of visuomotor adaptation. *European Journal of Neuroscience, 53*(4), 1107–1123. https://doi.org/10.1111/ejn.15034 [in English].

***Стаття надішла до редакції / Received 20.02.2026***
***Прийнята до друку / Accepted .10.03.2026***
***Опубліковано / Published 25.03.2026***