

Критерії оцінки постурального балансу та функціонального стану нервово-м'язової системи у ветеранів війни та спортсменів-аматорів при моніторингу реабілітації

УДК 612.741.16+612.816.3+612.76+612.84+616-072.7

О. В. Колосова

Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна

Резюме. Розглянуто функціональний стан систем постурального контролю та нервово-м'язової системи у ветеранів війни та спортсменів-аматорів. *Мета.* Визначення критеріїв та розроблення шкал оцінки функціонального стану нервової і м'язової систем та постурального балансу ветеранів війни та спортсменів із наслідками травмування, розроблення методологічної основи моніторингу функціонального стану нервової і м'язової систем для контролю за ефективністю застосування заходів із фізкультурно-спортивної реабілітації. *Методи.* У дослідженні з використанням електронейроміографічних та стабілометричних методів брали участь 14 ветеранів війни, які мали в анамнезі контузії та струси мозку, та 14 спортсменів-аматорів без неврологічної патології. Реєстрували Н-рефлекс камбалоподібного м'яза, визначали швидкість проведення імпульсу по середньому нерву. Проводили стабілометричні проби Ромберга з різним положенням стоп, пробу з поворотом голови та пробу «Мішень». *Результати.* Визначено критерії та розроблено шкали оцінки функціонального стану нервової та м'язової систем і постурального балансу в групах ветеранів війни та спортсменів-аматорів за електронейроміографічними та стабілометричними показниками. Встановлено частку осіб у цих групах, які мають порушення функціонування нервово-м'язової системи та постурального балансу. Отримані результати дозволять оцінити рівень тренуваності спортсменів, ступінь та локалізацію порушень, виконати моніторинг ефективності реабілітаційних заходів для ветеранів війни та спортсменів. Визначені критерії та розроблені шкали оцінки функціонального стану нервової та м'язової систем стануть у нагоді тренерам, лікарям та реабілітологам у проведенні корекції тренувального та реабілітаційного процесу для успішного повернення ветеранів війни та спортсменів до професійної діяльності.

Ключові слова: постуральний баланс, стабілометрія, центр тиску стоп, електронейроміографія, ветерани війни, спортсмени-аматори.

Criteria for assessing postural balance and the functional state of the neuromuscular system in war veterans and amateur athletes within rehabilitation monitoring

O. V. Kolosova

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

Abstract. The functional state of the postural control system and the neuromuscular system in war veterans and amateur athletes was examined. *Objective.* To define criteria and develop assessment scales for evaluating the functional state of the nervous and muscular systems and postural balance in war veterans and athletes with trauma-related consequences, as well as to develop a methodological framework

for monitoring the functional state of the nervous and muscular systems in order to control the effectiveness of physical and sports rehabilitation interventions. *Methods.* The study involved 14 war veterans with a history of blast-related injuries and concussions and 14 amateur athletes without neurological pathology. Electroneuromyographic and stabilometric methods were applied. The H-reflex of the soleus muscle was recorded, and nerve conduction velocity of the median nerve was determined. Stabilometric testing included Romberg tests with different foot positions, ahead rotation test, and a "Target" test. *Results.* Criteria were defined and assessment scales were developed for evaluating the functional state of the nervous and muscular systems and postural balance in groups of war veterans and amateur athletes based on electroneuromyographic and stabilometric indicators. The proportion of individuals in each group exhibiting impairments of neuromuscular function and postural balance was determined. The obtained results make it possible to assess athletes' training status, determine the severity and localization of functional impairments, and monitor the effectiveness of rehabilitation interventions in war veterans and athletes. The defined criteria and developed assessment scales for the functional state of the nervous and muscular systems may be useful for coaches, physicians, and rehabilitation specialists in adjusting training and rehabilitation programs to ensure the successful return of war veterans and athletes to professional activities.

Keywords: postural balance, stabilometry, center of pressure, electromyography, war veterans, amateur athletes.

Постановка проблеми. Моніторинг ефективності процесу відновлення ветеранів війни та спортсменів потребує об'єктивної, стандартизованої та відтворюваної оцінки постурального балансу й функціонального стану нервово-м'язової системи. Актуальним науково-практичним завданням є розроблення чітких критеріїв та шкал оцінки, які дозволяють кількісно визначити рівень функціональних порушень, відстежувати динаміку відновлення та порівнювати результати реабілітації на різних її етапах. Відновлення функціонування нервово-м'язової системи є ключовою умовою успішної реабілітації як осіб із бойовими травмами, так і спортсменів після перенавантажень або ушкоджень.

Сучасні підходи до реабілітації ґрунтуються на принципах персоніфікованої медицини та доказовості, що передбачає використання кількісних індикаторів функціонального стану. Проте в клінічній і спортивній практиці досі широко застосовуються описові або суб'єктивні методи оцінювання, які не забезпечують достатньої чутливості та ускладнюють міжгрупові та індивідуальні порівняння результатів, а відсутність уніфікованих критеріїв оцінки постуральної стабільності та нейром'язових функцій обмежує можливості раннього виявлення дисфункцій, індивідуалізації реабілітаційних програм і об'єктивного контролю їх ефективності.

Інтегроване застосування електронейроміографії, стабілометрії та кількісного визначення м'язової сили створює підґрунтя для

формування об'єктивних критеріїв і шкал оцінки функціонального стану нервово-м'язового апарату та постурального балансу [3]. Такі шкали дозволяють не лише фіксувати наявність порушень, а й визначити ступінь їх вираженості, оцінювати прогрес відновлення та обґрунтовано коригувати реабілітаційні втручання [11].

Для ветеранів війни такі методи забезпечують об'єктивний контроль відновлення після уражень нервів, м'язів і опорно-рухового апарату, зокрема виявлення прихованих дефіцитів рівноваги та сегментарних порушень; розроблення стандартизованих критеріїв оцінки є особливо важливим з огляду на різноманітність травматичних уражень та асиметрії м'язової активації. Для спортсменів такі критерії дозволяють об'єктивно оцінювати наслідки перевантажень, асиметрій і мікротравм, функціональні дисбаланси та ризик повторного травмування, що є критично важливим для безпечного повернення до спортивної діяльності.

Особливу діагностичну цінність має електронейроміографічне оцінювання, включно з аналізом Н-рефлексу та амплітудно-швидкісних показників проведення збудження по периферичних нервах, що дозволяє оцінити функціональний стан сегментарного апарату спинного мозку та периферичних нервів [5; 10; 12; 16]. Стабілометричні показники, зокрема параметри коливань центру тиску стоп (ЦТС), є надійними індикаторами постуральної стабільності та динаміки відновлення рівноваги [19; 20].

Таким чином, створення та впровадження науково обґрунтованих критеріїв і шкал оцінки постурального балансу та функціонального стану нервово-м'язової системи є актуальним завданням сучасної реабілітаційної науки та необхідною умовою підвищення ефективності моніторингу реабілітації ветеранів війни та спортсменів-аматорів.

Зв'язок роботи з науковими планами, темами. Дослідження проводили у Науково-дослідному інституті НУФВСУ відповідно до Тематичного плану наукових досліджень та розробок, які виконує Національний університет фізичного виховання та спорту України за рахунок коштів державного бюджету у 2025–2027 рр. з теми «Моніторинг ефективності фізкультурно-спортивної реабілітації ветеранів війни та спортсменів засобами функціональної діагностики» (номер державної реєстрації 0125U002066).

Мета дослідження. Визначення критеріїв та розроблення шкал оцінки функціонального стану нервової і м'язової систем та постурального балансу ветеранів війни та спортсменів із наслідками травмування, розроблення методологічної основи моніторингу функціонального стану нервової і м'язової систем для контролю за ефективністю застосування заходів із фізкультурно-спортивної реабілітації.

Методи дослідження. У дослідженні брали участь 14 ветеранів війни (основна група, чоловіки, середній вік — 31.1 ± 9.6 років) із наявністю контузій та струсів мозку в останні 2–3 роки внаслідок бойових травм та 14 спортсменів-аматорів без неврологічних захворювань в анамнезі й ознак неврологічної патології на момент обстеження (контрольна група, чоловіки, середній вік — $31.5 \pm 4,9$ років).

Електронейроміографічне дослідження проводили за допомогою комп'ютерного електронейроміографа M-Test DX Systems (Україна). Використовували методику Н-рефлексометрії камбалоподібного м'яза нижньої кінцівки (*m. soleus*) [12; 16]. Н-рефлекс викликали біполярною черезшкірною стимуляцією великого-мілкового нерва нижньої кінцівки (*n. tibialis*) у підколінній ямці (поодиноким прямокутним імпульсом тривалістю 1 мс з інтервалами між імпульсами не менше 10 с). Використовували також методику визначення амплітудно-швидкісних показників проведення нервового імпульсу по моторних волокнах середнього

нерва верхньої кінцівки (*n. medianus*) [13]. Під час дослідження верхніх кінцівок тестований перебував у положенні сидячи, руки вільно розташовувалися на кушетці, а під час дослідження нижніх кінцівок — у положенні лежачи на животі, стопи вільно звисали з кушетки.

Аналізували такі показники Н-рефлексометрії: пороги виникнення Н-відповіді та М-відповіді (прямої відповіді м'яза на подразнення моторних волокон нерва), амплітуди максимальної Н-відповіді та максимальної М-відповіді, співвідношення порогів Н- та М-відповідей та амплітуд максимальних Н- та М-відповідей. Визначали швидкість проведення нервового імпульсу (ШПІ) по моторних волокнах *n. medianus* на ділянці передпліччя верхньої кінцівки (ліктьовий згин — зап'ясток), а також амплітуди відповідей м'язів підвищення великого пальця руки на ортодромну стимуляцію моторних волокон *n. medianus* у проксимальній (ліктьовий згин) та дистальній (зап'ясток) точках верхньої кінцівки. Одержували індивідуальні показники для правої та лівої кінцівок, а надалі розраховували середні показники для певної групи.

Дослідження постурального балансу проводилося з використанням комп'ютерного стабілоаналізатора «Стабілан-01-2». Під час тесту учасник знаходився у прямій вертикальній стійці на стабілоплатформі, без взуття, руки вільно розташовувалися вздовж тіла. Проводилася реєстрація руху центру тиску стоп під час виконання таких тестів: стабілометрична проба Ромберга (з розплющеними та заплющеними очима) з «європейським» розташуванням стоп (п'яти поруч, носки нарізно) та в стійці «стопи поруч», проба з поворотом голови, проба «Мішень» (дві останні проби: з розплющеними очима, з «американським» розташуванням стоп: стопи — паралельно, відстань між внутрішніми боками стоп — 18 см). Час реєстрації кожної проби дорівнював 20 с.

Для кожної проби визначали такі стабілометричні показники: відхилення середнього положення ЦТС по осі абсцис (у фронтальній площині, вправо або вліво від центру координат платформи), мм; відхилення середнього положення ЦТС по осі ординат (у сагітальній площині, вперед або назад від центру координат платформи), мм; розкид (середнє квадратичне відхилення) положення центру тиску стоп (ЦТС) по осі абсцис у фронтальній площині, мм; розкид (середнє квадратичне відхилення)

положення ЦТС по осі ординат у сагітальній площині, мм; площа статокінезіограми, мм²; середня лінійна швидкість переміщення ЦТС у площині платформи, мм/с; середня лінійна швидкість переміщення ЦТС у фронтальній площині, мм/с; середня лінійна швидкість переміщення ЦТС у сагітальній площині, мм/с; якість функції рівноваги (ЯФР), %. Обчислювались також показники коефіцієнта Ромберга (РОМ) як співвідношення площі статокінезіограми за умови заплющених очей до цього показника за умови розплющених очей, у %.

Вимірювали силу великих груп м'язів тулуба, плечового поясу та кінцівок за допомогою комплексу BackCheck (Dr Wolff, Німеччина), проводили тести на екстензію, флексію та латерофлексію верхньої частини тулуба, штовхання та тягу, екстензію та абдукцію стегна з обох боків тіла [6].

Статистичний аналіз отриманих результатів проводили за допомогою програми IBM SPSS Statistics, версія 23.0. Статистична значущість різниці середніх значень показників у різних групах визначалася за допомогою дисперсійного аналізу ANOVA. За рівень статистичної значущості приймали $p < 0.05$, тенденцією вважалось $0.05 < p < 0.10$.

Під час проведення комплексних біологічних обстежень з участю ветеранів війни та спортсменів дотримувалися розробленої в НДІ НУФВСУ «Програми комплексного біологічного

дослідження особливостей функціональних можливостей спортсменів», законодавства України про охорону здоров'я, Хельсінкської декларації 2000 р. та директиви Європейської Спілки 86/609 стосовно участі людей у медико-біологічних дослідженнях.

Результати дослідження та їх обговорення. Аналіз результатів дослідження ветеранів війни дав можливість визначити критерії оцінки функціонального стану нервово-м'язової системи за електронейроміографічними та стабілометричними показниками. Так, у таблиці 1 наведені цифрові та описові критерії оцінки згідно з результатами Н-рефлексометрії. Вихід показників за межі референтних значень, а саме підвищення порогів виникнення Н- і М-відповідей та зниження амплітуд максимальних Н- і М-відповідей, може слугувати ознакою компресії великогомілкового / сідничного нервів. Змінення форми Н- або М-відповіді з дво-трифазної на поліфазну також підтверджує наявність компресійного синдрому сенсорних / моторних волокон нервів.

За отриманими даними також виявлено, що у 14.3–42.9 % осіб із групи ветеранів війни спостерігалися відхилення різних показників Н-рефлексометрії від референтних значень, а саме: суттєве підвищення порогів виникнення Н- і М-відповідей та співвідношень порогів виникнення Н- і М-відповідей, значне зниження

ТАБЛИЦЯ 1 – Критерії оцінки функціонального стану нервово-м'язової системи за показниками Н-рефлексометрії

Показники	Бік тіла	Норма
Поріг Н-відповіді, мА	Правий	≤ 12 мА
	Лівий	≤ 12 мА
Поріг М-відповіді, мА	Правий	≤ 20 мА
	Лівий	≤ 20 мА
Співвідношення порогів Н- та М-відповідей, умов. од.	Правий	< 1
	Лівий	< 1
Амплітуда максимальної Н-відповіді, мВ	Правий	≥ 3 мВ
	Лівий	≥ 3 мВ
Форма Н-відповіді	Правий	дво-трифазна
	Лівий	дво-трифазна
Коефіцієнт право-лівобічної асиметрії максимальної амплітуди Н-відповіді		≤ 1.25
Амплітуда максимальної М-відповіді, мВ	Правий	≥ 3 мВ
	Лівий	≥ 3 мВ
Форма М-відповіді	Правий	дво-трифазна
	Лівий	дво-трифазна
Коефіцієнт право-лівобічної асиметрії амплітуди максимальної М-відповіді		≤ 1.25
Співвідношення амплітуд максимальних Н- та М-відповідей, %	Правий	≥ 40 %
	Лівий	≥ 40 %
Коефіцієнт право-лівобічної асиметрії співвідношення амплітуд максимальних Н- та М-відповідей		≤ 1.25

амплітуд максимальних Н-відповідей і співвідношень амплітуд максимальних Н- і М-відповідей (табл. 2). Таким чином, порушення стосувалися переважно структур аферентної частин нервів попереково-крижового відділу спинного мозку з наявністю ознак компресії сенсорних волокон великогомілкового / сідничного нервів. Окремі показники амплітуди максимальної М-відповіді (з правого або лівого боку тіла) знаходяться в межах референтних значень, однак їхня виражена право-лівобічна асиметрія може свідчити про перерозподіл тону глибоких м'язів і зв'язок хребта та/або тазового поясу, який спричинений травмою або асиметричним навантаженням опорно-рухового апарату. Отримані результати загалом узгоджуються з результатами наших попередніх досліджень у групах учасників бойових дій і спортсменів [1; 2], у яких були виявлені аналогічні порушення функціонування

в структурах аферентної частини великогомілкового нерва.

У таблиці 3 наведені цифрові та описові критерії оцінки згідно з амплітудно-швидкісними показниками проведення нервового імпульсу. Зниження амплітуд м'язових відповідей на дистальну (зап'ясток) та проксимальну (ліктьовий згин) стимуляцію серединного нерва з лівого боку тіла, змінення форми відповіді на поліфазну, а також виражена право-ліва асиметрія амплітудних показників може бути ознакою компресії моторних волокон серединного нерва на певних його ділянках. Значне збільшення дистальної або резидуальної латентності може свідчити про наявність компресії серединного нерва в зап'ястному каналі внаслідок тривалого навантаження та призвести до тунельного синдрому карпального каналу, запалення сухожилків, больових синдромів у спині та шийному відділі хребта [8].

ТАБЛИЦЯ 2 – Частка порушень функціонування нервово-м'язової системи за показниками Н-рефлексометрії в групі ветеранів війни, $n = 14$

Показники	Бік тіла	Відсоток учасників з порушеннями, %
Поріг Н-відповіді, мА	Правий	28.6
	Лівий	28.6
Поріг М-відповіді, мА	Правий	14.3
	Лівий	21.4
Співвідношення порогів Н- та М-відповідей, умов.од.	Правий	21.4
	Лівий	21.4
Амплітуда максимальної Н-відповіді, мВ	Правий	42.9
	Лівий	35.7
Коефіцієнт право-лівобічної асиметрії максимальної амплітуди Н-відповіді		41.7
Амплітуда максимальної М-відповіді, мВ	Правий	-
	Лівий	-
Коефіцієнт право-лівобічної асиметрії амплітуди максимальної М-відповіді		50.0
Співвідношення амплітуд максимальних Н- та М-відповідей, %	Правий	35.7
	Лівий	35.7
Коефіцієнт право-лівобічної асиметрії співвідношення амплітуд максимальних Н- та М-відповідей		58.3

ТАБЛИЦЯ 3 – Критерії оцінки функціонального стану нервово-м'язової системи за показниками проведення нервового імпульсу по *n.medianus*

Показники	Бік тіла	Норма
ШПІ, м/с	Правий	≥ 50 м/с
	Лівий	≥ 50 м/с
Коефіцієнт право-лівобічної асиметрії ШПІ		≤ 1.25
Латентність моторна дистальна, мс	Правий	≤ 4.2 мс
	Лівий	≤ 4.2 мс
Латентність моторна резидуальна, мс	Правий	≤ 3.0 мс
	Лівий	≤ 3.0 мс
Амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон серединного нерва: проксимальна точка стимуляції, мВ	Правий	≥ 5 мВ
	Лівий	≥ 5 мВ

Форма проксимальної м'язової відповіді	Правий	дво-трифазна
	Лівий	дво-трифазна
Амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон серединного нерва: дистальна точка стимуляції, мВ	Правий	≥5 мВ
	Лівий	≥5 мВ
Форма дистальної м'язової відповіді	Правий	дво-трифазна
	Лівий	дво-трифазна
Коефіцієнт право-лівобічної асиметрії амплітуди проксимальної м'язової відповіді		≤1.25
Коефіцієнт право-лівобічної асиметрії амплітуди дистальної м'язової відповіді		≤1.25
Коефіцієнт дистально-проксимальний	Правий	≤1.25
	Лівий	≤1.25

За отриманими результатами також встановлено, що у 7.1–42.9 % осіб із групи ветеранів війни спостерігалися відхилення амплітудно-швидкісних показників проведення нервового імпульсу по *n.medianus*. Більшість порушень стосувалася збільшення латентностей та зменшення амплітуд відповідей на

стимуляцію нерва. Виявлено також значний ступінь право-лівобічної асиметрії амплітудних показників.

Виявлено, що у 13.3–33.3 % осіб із групи ветеранів війни спостерігалось зменшення показників м'язової сили за результатами, отриманими в різних тестах (табл. 5).

ТАБЛИЦЯ 4 – Частка порушень функціонування нервово-м'язової системи за показниками проведення нервового імпульсу по *n.medianus* у групі ветеранів війни, $n = 14$

Показники	Бік тіла	Відсоток учасників з порушеннями, %
Швидкість проведення імпульсу, м/с	Правий	7.1
	Лівий	14.3
Коефіцієнт право-лівобічної асиметрії ШПІ		-
Латентність моторна дистальна, мс	Правий	28.6
	Лівий	28.6
Латентність моторна резидуальна, мс	Правий	28.6
	Лівий	14.3
Амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон серединного нерва: проксимальна точка стимуляції, мВ	Правий	28.6
	Лівий	42.9
Амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон серединного нерва: дистальна точка стимуляції, мВ	Правий	21.4
	Лівий	35.7
Коефіцієнт право-лівобічної асиметрії амплітуди проксимальної м'язової відповіді		64.3
Коефіцієнт право-лівобічної асиметрії амплітуди дистальної м'язової відповіді		78.6
Коефіцієнт дистально-проксимальний	Правий	35.7
	Лівий	21.4

ТАБЛИЦЯ 5 – Частка порушень функціонування скелетно-м'язової системи за показниками сили великих груп м'язів тулуба, плечового поясу та кінцівок у групі ветеранів війни, $n = 14$

№ з/п	Тест	Відсоток учасників із порушеннями, %
1	Екстензія тулуба	28.6
2	Флексія тулуба	13.3
3	Латерофлексія тулуба вправо	30.8
4	Латерофлексія тулуба вліво	30.8
5	Штовхання	33.3
6	Тяга	20.0
7	Екстензія стегна, правий бік тіла	-
8	Екстензія стегна, лівий бік тіла	15.4
9	Абдукція стегна, правий бік тіла	23.1
10	Абдукція стегна, лівий бік тіла	15.4

Аналіз результатів дослідження групи ветеранів війни дав можливість розробити шкали оцінки функціонального стану нервово-м'язової системи за електронейроміографічними показниками, а також оцінки постурального балансу за стабілометричними показниками. У таблиці 6 наведені відповідні шкали для амплітудно-швидкісних показників проведення імпульсу по *n.medianus*. Шкалювання показників за рівнями – нижче середнього, середній, вище середнього, високий – дозволить реалізувати індивідуальний підхід до кожного учасника та надати лікарям і реабілітологам персоналізовані рекомендації щодо подальших реабілітаційних заходів та корекції реабілітаційної програми. Шкали для розрахункових коефіцієнтів представлені з урахуванням вираженості асиметрії. Зменшення значень коефіцієнтів асиметрії впродовж реабілітації може бути показником успішного відновлення функціонування нервово-м'язової системи, в даному випадку проведення збудження по нервах.

У таблиці 7 наведені критерії оцінки постурального балансу згідно з результатами, отриманими за стабілометричними методами [18]. У постуральній регуляції задіяні різні функціональні системи організму: опорно-рухова, центральна та периферична нервова системи. Серед органів чуття необхідно особливо відзначити зорову та пропріоцептивну системи, котрі несуть основне навантаження; у поворотах та нахилах голови має значення також і вестибулярний апарат. Центральна нервова система здійснює інтеграцію всіх сенсорних сигналів, що поступають із різних рецепторів

тіла, та формує рухові імпульси для постуральних м'язів з метою забезпечення стійкості положення тіла [4; 17]. Характеристики коливань (амплітуда, частота, напрямок) є чутливими параметрами, що відображають стан різних систем, які беруть участь у підтриманні рівноваги тіла [9]. Так, стабілометричний показник швидкості переміщення ЦТС (мм/с) обчислюється як результат ділення довжини траєкторії центру тиску стоп на час реєстрації. Швидкість ЦТС відображає ефективність системи постурального контролю (чим меншою є величина швидкості, тим кращим є постуральний контроль) [14] і вважається показником із найбільшою надійністю та повторюваністю впродовж досліджень [7; 15].

З метою оцінки співвідношення між зоровою та пропріоцептивною системами у постуральному контролі в «європейській» стійці розраховували коефіцієнт Ромберга як відношення площі статокінезіограми в умовах заплучених очей до цього показника в умовах розплучених очей. Розроблено шкалу коефіцієнта Ромберга, згідно з якою значення цього коефіцієнта, наближені до 100 %, свідчать про переважний внесок пропріоцептивної системи у підтримку рівноваги; значення, наближені до 300 %, свідчать про вплив переважно зорової системи на підтримання пози тіла. Якщо значення коефіцієнта Ромберга наближені до 200 %, спостерігається близький внесок пропріоцептивної та зорової систем у постуральний контроль. Згідно з отриманими результатами, для 42.9 % ветеранів війни з основної групи характерним було переважання внеску

ТАБЛИЦЯ 6 – Шкали оцінки функціонального стану нервово-м'язової системи за показниками проведення нервового імпульсу по *n.medianus* у групі ветеранів війни, $n = 14$

Показники	Рівень	Значення	Відсоток учасників, %
Швидкість проведення імпульсу, м/с (ШПІ)	Нижче середнього	<45	-
	Середній	45 ≤ ШПІ < 55	50.0
	Вище середнього	55 ≤ ШПІ < 60	28.6
	Високий	≥ 60	21.4
Амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон середнього нерва: проксимальна та дистальна точка стимуляції, мВ (А)	Нижче середнього	≤ 4	16.1
	Середній	4 ≤ А < 7	33.9
	Вище середнього	7 ≤ А < 12	30.4
	Високий	≥ 12	19.6
Коефіцієнти асиметрії: швидкості проведення імпульсу, амплітуди проксимальної та дистальної м'язової відповідей, дистально-проксимальний (К)	Асиметрія не виражена	≤ 1.25	60
	Незначна асиметрія	1.25 < К < 1.50	15.7
	Помірна асиметрія	1.50 ≤ К < 2.00	15.7
	Виражена асиметрія	2.00 ≤ К < 3.00	4.3
	Висока асиметрія	≥ 3.00	4.3

ТАБЛИЦЯ 7 – Критерії оцінки постурального балансу за стабілометричними показниками під час виконання проби Ромберга з «європейським» розташуванням стоп, за умов розплющених та заплющених очей

Показник	Референтні значення Розплющені очі	Референтні значення Заплющені очі
Зміщення від центру координат у фронтальній площині, (-) вліво, (+) вправо, мм	≤ 10	≤ 10
Зміщення від центру координат у сагітальній площині, (-) назад, (+) вперед, мм	(-20)-(-50)	(-20)-(-50)
Розкид у фронтальній площині, мм	Норма ≤5 Умовна норма 5–7	Норма ≤7 Умовна норма 7–10
Розкид у сагітальній площині, мм	Норма ≤3,5 Умовна норма 3,5–6	Норма ≤5,5 Умовна норма 5,5–7
Площа статокінезіограми (еліпса), мм ²	≤ 200	≤ 300
Лінійна швидкість переміщення центру тиску стоп у площині платформи, мм/с	Норма ≤15 Умовна норма 15–20	Норма ≤25 Умовна норма 25–50
Лінійна швидкість переміщення центру тиску стоп у фронтальній площині, мм/с	≤10	≤20
Лінійна швидкість переміщення центру тиску стоп у сагітальній площині, мм/с	≤10	≤20
Якість функції рівноваги (ЯФР), %	Норма ≥80 Умовна норма 60–80	Норма ≥60 Умовна норма 40–60
Коефіцієнт Ромберга		≤300

пропріоцептивної системи у підтримання рівноваги тіла, у 21.4 % спостерігався баланс пропріоцептивної та зорової систем, для 35.7 % осіб важливішою була зорова система, також у цю підгрупу входили учасники, у яких було виявлено можливі порушення постурального контролю (21.4 % від усієї кількості в групі), зі значенням коефіцієнту Ромберга більше 350 % (табл. 8). Якість функції рівноваги, поряд зі швидкістю ЦТС, вважається показником з найбільшою чутливістю та повторюваністю. Шкалювання цього показника дозволить визначити ступінь порушень постурального балансу,

рівень тренуваності спортсмена або успішність реабілітації (табл. 8).

Потрібно зазначити, що коефіцієнт Ромберга, якість функції рівноваги та інші стабілометричні показники визначали також у стабілометричній пробі Ромберга з положенням стоп поруч, але для цієї проби нами запропоновано використовувати не абсолютні, а відносні індивідуальні показники, наприклад, для оцінки успішності реабілітаційних заходів на різних етапах реабілітації.

У 25 % ветеранів війни з основної групи були виявлені порушення постурального балансу за

ТАБЛИЦЯ 8 – Шкали оцінки постурального балансу за стабілометричними показниками в пробі Ромберга в європейській стійці в групі ветеранів війни, n = 14

Показники	Рівень	Значення	Відсоток учасників, %
Коефіцієнт Ромберга (РОМ) в європейській стійці	Переважно пропріоцептивна система	<150	42.9
	Баланс пропріоцептивної та зорової систем	150≤РОМ≤250	21.4
	Переважно зорова система	>250	35.7
	Переважно зорова система – можливі порушення	>350	21.4
ЯФР в європейській стійці, очі розплющені	Нижче середнього	≤70	14.3
	Середній	70≤А<80	28.6
	Вище середнього	80≤А<90	42.9
	Високий	≥90	14.3
ЯФР в європейській стійці, очі заплющені	Нижче середнього	≤60	35.7
	Середній	60≤А<70	28.6
	Вище середнього	70≤А<80	28.6
	Високий	≥80	7.1

показниками стабілометричного тесту «Поворот голови», а саме була показана наявність вираженої різниці змін розкиду у фронтальній та сагітальній площинах для проб «Голова направо» або «Голова наліво». Наприклад, негативний вплив проби «Голова наліво» порівняно з пробою «Голова направо» може свідчити про порушення кровообігу у вертебробазиллярному басейні з правого боку тіла, в такому випадку рекомендоване проведення УЗД магистральних судин шиї та голови (табл. 9).

У таблиці 9 наведено також шкали для кількості балів, які учасник може отримати в тесті «Мішень» зі зворотним зв'язком, завданням якого для учасника було утримувати ЦТС якомога ближче до центру платформи, тобто в цьому тесті за кількістю балів можна оцінити рівень довільного підтримання рівноваги.

Було обчислено частку випадків порушення постурального балансу за показниками стабілометричного тесту «Поворот голови» окремо у фронтальній та сагітальній площинах для основної групи – ветеранів війни, що мали контузії та струси мозку за останні кілька років, та для контрольної групи – спортсменів-аматорів, які не мали в анамнезі струсів мозку. За результатами порівняння виявлено значно меншу частку порушень у групі спортсменів-аматорів, що може свідчити про негативний вплив контузій та струсів мозку на мозкові структури, що відповідають за підтримання рівноваги (табл. 10).

У порівняльному аналізі ЯФР в «американській» стійці з розплющеними очима показано

кращу якість функції рівноваги в контрольній групі порівняно з основною. Аналогічна тенденція виявлена для ЯФР у тесті «Мішень». Кількість балів у цьому тесті, як загальна, так і за знаходження в центральному колі мішені (попадання в «десятку»), також була вищою в контрольній групі (табл. 11).

Отже, за результатами наших досліджень було визначено критерії та розроблено шкали оцінки функціонального стану нервової та м'язової систем, а також постурального контролю, які дозволяють провести аналіз індивідуальних та групових показників ветеранів війни та спортсменів, оцінити рівень тренуваності спортсменів, ступінь та локалізацію порушень, виконати моніторинг ефективності реабілітаційних заходів. Отримані дані дозволять тренерам, лікарям та реабілітологам провести корекцію тренувального та реабілітаційного процесу для успішного повернення ветеранів війни та спортсменів до професійної діяльності.

Висновки. Визначено критерії оцінки функціонального стану нервової та м'язової систем і постурального балансу, які можна застосовувати в групах ветеранів війни та спортсменів-аматорів, за електронейроміографічними та стабілометричними показниками.

Встановлена частка осіб у групах ветеранів війни та спортсменів-аматорів, які мають порушення функціонування нервово-м'язової системи та постурального балансу, за електронейроміографічними та стабілометричними показниками, а також величинами сили м'язів тулуба, плечового поясу та нижніх кінцівок.

ТАБЛИЦЯ 9 – Шкали оцінки постурального балансу за стабілометричними показниками в тестах «Поворот голови» та «Мішень» у групі ветеранів війни, n = 14

Показники	Рівень		Значення	Відсоток учасників, %
Різниця розкиду у фронтальній / сагітальній площині при повороті голови направо/наліво	Незначна			75.0
	Виражена (негативний вплив повороту голови)			25.0
Кількість балів, тест «Мішень»	Нижче середнього	<87		14.3
	Середній	87≤A<92		35.7
	Вище середнього	92≤A<97		35.7
	Високий	≥97		14.3

ТАБЛИЦЯ 10 – Частка порушень постурального балансу за показниками стабілометричного тесту «Поворот голови» в групах ветеранів війни та спортсменів-аматорів, n = 28

Напрямок руху ЦТС	Відсоток учасників з порушеннями, %	
	Основна група, n = 14	Контрольна група, n = 14
Фронталь	21.4	14.3
Сагіталь	28.6	7.1

ТАБЛИЦЯ 11 – Порівняння показників пострального балансу за стабілометричними показниками в «американській» стійці та в тесті «Мішень» у групах ветеранів війни та спортсменів-аматорів, Mean ± SD, n = 28

Показники	Основна група, n = 14	Контрольна група, n = 14	Статистична значущість різниці
Бали, тест «Мішень»	91.57 ± 4.70	95.93 ± 4.51	0.019*
Бали, тест «Мішень», «десятка»	54.86 ± 16.59	76.07 ± 18.58	0.004**
ЯФР, «американська» стійка	85.97 ± 7.03	90.33 ± 4.71	0.065#
ЯФР, тест «Мішень»	75.53 ± 10.39	82.61 ± 9.35	0.069#

Примітка: *p < 0,05, **p < 0,01, #0,05 < p < 0,10 – статистична значущість різниці показників у групах.

Розроблено шкали оцінки функціонального стану нервової та м'язової систем і пострального балансу, які можна застосовувати в групах ветеранів війни та спортсменів-аматорів, за електронейроміографічними та стабілометричними показниками.

Отримані результати стануть у нагоді фізіологам спорту, тренерам, лікарям та реабілітологам для оцінки рівня тренуваності спортсменів, ступеня та локалізації порушень

функціонування нервової та м'язової систем, а також для моніторингу ефективності реабілітаційних заходів.

Перспективи подальших досліджень. Планується застосування критеріїв та шкал оцінки функціонального стану нервової та м'язової систем для аналізу результатів досліджень у групах спортсменів, що спеціалізуються в різних видах спорту, а також ветеранів війни на різних етапах реабілітації після травмувань.

Література

- Колосова О, Крушинська Н. Оцінка функціонального стану опорно-рухового апарату та пострального балансу учасників бойових дій в реабілітаційному періоді після травмування [Assessment of the functional state of the musculoskeletal system and postural balance of amateur athletes, combatants, in the rehabilitation period after injury]. Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія. 2024;1:102–108. DOI: <https://doi.org/10.32652/spmed.2024.1.102-108>
- Колосова О, Лисенко О. Оцінка функціонального стану опорно-рухового апарату висококваліфікованих спортсменів-стрибунів у воду [Assessment of the functional state of the musculoskeletal system in elite divers]. Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія. 2024;2:13–21. DOI: <https://doi.org/10.32652/spmed.2024.2.13-21>.
- Al-Ayyad M, Owida HA, De Fazio R, Al-Naami B, Visconti P. Electromyography Monitoring Systems in Rehabilitation: A Review of Clinical Applications, Wearable Devices and Signal Acquisition Methodologies. *Electronics*. 2023;12(7):Article 1520. DOI: 10.3390/electronics12071520.
- Błaszczak JW, Beck M, Sadowska D. Assessment of postural stability in young healthy subjects based on directional features of posturographic data: Vision and gender effects. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*. 2014;74:433–442.
- Brent GJ. The Value Added by Electrodiagnostic Testing in the Diagnosis of Carpal Tunnel Syndrome. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2008;90:2587–2593.
- Dr. Wolff Sports & Prevention GmbH. Training diagnostic. Available from: https://www.drwolff.de/pdf/TD_2018_EN.pdf.
- Duarte M, De Freitas SM. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2010;14(3):183–192. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20730361/>
- Fowler JR, Munsch M, Tosti R, Hagberg W, Imbriglia JE. Comparison of ultrasound and electrodiagnostic testing for diagnosis of carpal tunnel syndrome: study using a validated clinical tool as the reference standard. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2014;96(17):e148(1-4). DOI: 10.2106/JBJS.M.01250.
- Garkavenko VV, Gorkovenko AV, Kolosova EV, Korneyev VV, Mel' nichouk AV, Vasilenko DA. Modifications of the stabilogram during upright standing posture under conditions of inclines of the support surface. *Neurophysiology*. 2012;44:131–137. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11062-012-9279-8>.

- Haab T, Leinen P, Burkey P. Role and effectiveness of surface EMG feedback in sports and orthopedic rehabilitation: a systematic review. *Exploration of Musculoskeletal Diseases*. 2024;2:391–407. DOI: 10.37349/emd.2024.00065.
- Kalynsh VV, Serheta IV, Pashkovskiy SM, Bohush HL, Koval NV, et al. Evaluation of the Effectiveness of Restoring Balance Function in Military Personnel with Lower Limb Amputations: A Clinical Case. *American Journal of Biomedical Science and Research*. 2025;27(4). AJBSR.MS.ID.003584. DOI: 10.34297/AJBSR.2025.27.003584.
- Knikou M. The H-reflex as a probe: pathways and pitfalls. *Journal of neuroscience methods*. 2008;171(1):1–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2008.02.012>.
- Lipa BM, Han JJ. Electrodiagnosis in neuromuscular disease. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*. 2012;23(3):565–87. DOI: 10.1016/j.pmr.2012.06.007.
- Paillard T, Noé F. Effect of expertise and visual contribution on postural control in soccer. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2006;16(5):345–348. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2005.00502.x.
- Paillard T, Noe F. Techniques and Methods for Testing the Postural Function in Healthy and Pathological Subjects. *BioMed Research International*. 2015; 2015:891390. DOI: 10.1155/2015/891390.
- Palmieri RM, Ingersoll CD, Hoffman MA. The hoffmann reflex: methodologic considerations and applications for use in sports medicine and athletic training research. *Journal of athletic training*. 2004;39(3):268–277.
- Peterka RJ. Sensory integration for human balance control. *Handb. Clin. Neurol*. 2018;159:27–42 DOI: 10.1016/B978-0-444-63916-5.00002-1.
- Zemková E. Sport-specific balance. *Sports Medicine*. 2014;44(5):579–590. DOI: 10.1007/s40279-013-0130-117.
- Zemková E. Physiological Mechanisms of Exercise and Its Effects on Postural Sway: Does Sport Make a Difference? *Frontiers in Physiology*. 2022. Vol. 13. Article 792875.
- Zemková E, Zapletalová L. The Role of Neuromuscular Control of Postural and Core Stability in Functional Movement and Athlete Performance. *Frontiers in Physiology*. 2022. Vol. 13. Article 796097.

ORCID 0000-0001-9263-805X, olena_kolos@ukr.net

Дата першого надходження статті до видання: 18.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 12.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.04.2026