Rehabilitation & Recreation
Volume 20 No.3 (2026)

https://doi.org/10.67034/2786-8354.2026.20.3.20

ПОКАЗНИКИ MUNIX ТА MUSIX ЯК БІОМАРКЕРИ ОЦІНКИ ПРОЦЕСІВ РЕАДАПТАЦІЇ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ-СПОРТСМЕНІВ ПІСЛЯ ПОРАНЕНЬ, ПЕРЕД ПОВЕРНЕННЯМ ДО ТРЕНУВАНЬ ММА

MUNIX AND MUSIX INDICATORS AS BIOMARKERS FOR EVALUATING THE REHABILITATION PROCESSES OF MILITARY ATHLETES FOLLOWING INJURIES, BEFORE RETURNING TO MMA TRAINING

Савенко А. О.[1], Цьось А. В.[2], Ольховий О. М.[3,4], Чернозуб А. А.[2,4]
[1]Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна
[2]Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, Україна
[3]Харківська державна академія фізичної культури, м. Харків, Україна
[4]Науково-дослідний центр сучасної кінезіології «KINEZUS», м. Ужгород, Україна
ORCID: 0000-0002-3124-2673
ORCID: 0000-0002-7824-9768
ORCID: 0000-0002-5223-5229
ORCID: 0000-0001-6293-8422

Savenko A. O.[1], Tsos A. V.[2], Olkhovyi O. M.[3,4], Chernozub A. A.[2,4]
[1]Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine
[2]Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine
[3]Kharkiv State Academy of Physical Culture, Kharkiv, Ukraine
[4]The Scientific Research Center of Modern Kinesiology «KINEZUS», Uzhhorod, Ukraine

Анотації

Мета. Вивчити особливості зміни показників амплітуди М-відповіді, MUNIX та MUSIX в групах військовослужбовців-спортсменів з ураженнями окремих суглобів, їх зв'язкового апарату, сухожилля м'язів внаслідок осколкових поранень в процесі реадаптації, перед повернення до тренувань ММА.

Матеріали та методи. Обстежено 80 військовослужбовців-спортсменів віком 29±1,2 років. Учасники мали попередній досвід тренувальної та змагальної діяльності зі змішаних єдиноборств тривалістю 6±0,9 років. Сформовано 4 групи по 20 чоловіків в кожній. До контрольної групи ввійшли фізично здорові військовослужбовці-спортсмени, які не мали нозологій пов'язаних з опорно-руховим апаратом. Наступні 3 групи (А, Б, В) складались з військовослужбовців-спортсменів (60 осіб), які пройшли попередні два періоди (гострий та післягострий) реабілітації після осколкових поранень. Використовуючи метод електронейроміографію, оцінювали параметри показників амплітуди М-відповіді, індекс кількості рухових одиниць (MUNIX) та їх розміру (MUSIX). Контроль відбувався на початку дослідження та через 3 місяці використання учасниками груп А, Б, В розроблених експериментальних моделей занять направлених на реадаптацію систем організму.

Результати. Встановлено, що за показниками вихідних параметрів показників MUNIX, MUSIX та амплітуди М-відповіді в досліджуваних групах м'язів, виявлено достовірну ($p<0,05$) відмінність між військовослужбовцями-спортсменами контрольної групи та представниками груп А, Б, В. Різниця коливалась в середньому в межах від 4,4% ($p<0,05$) до майже 6,8 разів. Одночасно, виявлено, що вихідні параметри досліджуваних нейрофізіологічних показників достовірно відрізняються серед учасників обстежених груп, які попередньо пройшли реабілітацію внаслідок осколкових поранень. Результати отримані після 3 місяців використання військовослужбовцями-спортсменами після поранень та реабілітації розроблених для них експериментальних моделей занять з реадаптації свідчить про те, що показник амплітуди М-відповіді м'язів-агоністів демонструє найбільш виражене підвищення (в межах від +46,8% до 121,4%) саме в учасників груп, в яких відбулись розриви суглобової капсули та зв'язкового апарату відповідного суглоба. Одночасно, саме у представників відповідних груп, фіксували за даний період занять, найбільш помітне серед обстежених військовослужбовців з подібними нозологіями, підвищення (в межах

Received: 17 August 2026. Accepted: 30 October 2026. Available online: 30 October 2026

© 2026. Savenko A. O., Tsos A. V., Olkhovyi O. M., Chernozub A. A.
Rehabilitation and Recreation. ISSN 2786-8354 (Online) | ISSN 2786-8346 (Print)
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

від +8,1% до +181,6%) показника MUNIX. При цьому, достовірне зниження параметрів MUSIX відбувалось лише в м'язах-агоністах не залежно від особливостей нозологій обстежених груп учасників.

Висновки. Використання показників амплітуди М-відповіді, MUNIX та MUSIX в якості інформативних біомаркерів методу електронейроміографії, є ефективним механізмом оцінки стану окремих ланок нервово-м'язової системи військовослужбовців-спортсменів після попередніх двох етапів реабілітації внаслідок осколкових уражень суглобів та їх зв'язкового апарату. Проведення порівняльного аналізу результатів ЕНМГ в досліджуваних м'язах між військовослужбовцями з подібними нозологіями та фізичного здоровими військовослужбовцями з ідентичним періодом занять змішаними єдиноборствами, дозволяють розробити та оцінити на практиці ефективність експериментальних моделей занять з використанням певної комбінації режимів силових навантажень та відповідних комплексів переважно ізольованих вправ, для підвищення ефективності процесів реадаптації з урахуванням можливих ускладнень після подібних поранень в період підготовки до майбутньої тренувальної та змагальної діяльності в ММА.

Ключові слова: військовослужбовці-спортсмени, поранення, реадаптація, реабілітація, MUNIX, MUSIX, моделі занять, навантаження, змішані єдиноборства.

Introduction. To study the characteristics of changes in M-response amplitude, MUNIX, and MUSIX indices in groups of military athletes with joint injuries resulting from shrapnel wounds during the readaptation process, prior to their return to MMA training.

Materials and Methods. A total of 80 military athletes aged 29±1.2 years were examined. The men examined had prior experience in training and competition in mixed martial arts lasting 6±0.9 years. Four groups of 20 individuals each were formed. The control group consisted of physically healthy military athletes who had no musculoskeletal disorders. The next three groups (A, B, C) consisted of military athletes (60 individuals) who had undergone the first two phases (acute and post-acute) of rehabilitation following shrapnel injuries. Using the electroneuromyography method, we assessed the parameters of M-wave amplitude, the motor unit index (MUNIX), and motor unit size (MUSIX). Assessments were conducted at the beginning of the study and 3 months after participants in Groups A, B, and C had used the developed experimental exercise programs aimed at the readaptation of the body's systems.

Results. It was found that, based on the baseline values of the MUNIX parameters, MUSIX, and M-response amplitude in the studied muscle groups, a statistically significant ($p<0.05$) difference was found between the military athletes in the control group and those in groups A, B, and C. The difference ranged on average from 4.4% ($p<0.05$) to nearly 6.8 times. At the same time, it was found that the baseline parameters of the studied neurophysiological indicators differed significantly among participants in the examined groups who had previously undergone rehabilitation following shrapnel injuries. The results obtained after 3 months of use by military athletes – following their injuries and rehabilitation – of the experimental readaptation training programs developed specifically for them indicate that the amplitude of the M-response in agonist muscles showed the most pronounced increase (ranging from +46.8% to 121.4%) specifically in participants from groups that had suffered tears of the joint capsule and ligamentous apparatus of the corresponding joint. At the same time, it was among members of these specific groups that the most significant increase in the MUNIX index (ranging from +8.1% to +181.6%) was recorded during this training period among the surveyed military personnel with similar nosological conditions. However, a statistically significant decrease in MUNIX parameters occurred only in the agonist muscles, regardless of the specific nosological characteristics of the examined participant groups.

Conclusions. The use of M-wave amplitude parameters, MUNIX, and MUSIX as informative biomarkers in electroneuromyography is an effective method for assessing the condition of individual components of the neuromuscular system in military athletes following the first two stages of rehabilitation from shrapnel injuries to joints and their ligamentous apparatus. Conducting a comparative analysis of ENMG results in the studied muscles between military personnel with similar nosological conditions and physically healthy military personnel who have undergone an identical period of mixed martial arts training, enables the development and practical evaluation of the effectiveness of experimental training models that utilize a specific combination of strength training regimens and corresponding sets of predominantly isolated exercises, to enhance the effectiveness of readaptation processes while accounting for potential complications following such injuries during the period of preparation for future training and competition in MMA.

Keywords: military athletes, injuries, readaptation, rehabilitation, MUNIX, MUSIX, training models, exercise intensity, mixed martial arts.

1. Вступ

В сучасній системі підготовки спортсменів з Mixed Martial Arts (ММА), протягом останніх років, одним із дискусійних та одночасно спірних питань, є пошук ефективних шляхів реадаптації функціональних резервів, окремих ланок нервово-м'язової системи та стабілізації роботи нейрогуморальних механізмів внаслідок відповідних травм, окремих випадків зриву адаптації, а також станів функціонального та нефункціонального перенапруження [2, 9, 14]. Незважаючи на важливість практичної реалізації даної проблеми та зростаючу тенденцію щодо спроб її вирішення низкою провідних науковців в процесі проведення сучасних фундаментальних досліджень з даного напрямку [6, 15, 16], на теперішній час відсутня єдина концепція оптимізації системи підготовки в ММА з урахуванням функціонального стану спортсменів на тлі вираженої дезадаптації, а також недостатньо обґрунтований спектр використовуваних методів діагностики для оцінки особливостей, як в процесі адаптації, так і під час проявів компенсаторних реакцій на фізичний подразник залежно від режимів навантажень.

Враховуючи особливості сьогодення, одним із ключових завдань, які постають перед дослідниками з фізичного виховання, спортивної фізіології, кінезіології та фізичної терапії [4, 12, 19], є розробка експериментальної інноваційної концепції щодо спроможності ефективно та безпечно реалізувати на практиці наявні результати фундаментальних досліджень пов'язані з відновленням систем організму спортсменів з ММА, для удосконалення процесу реадаптації військовослужбовців-спортсменів після важких уражень окремих частин суглобів внаслідок осколкових поранень, які в минулому були професійними бійцями з різних видів змішаних єдиноборств та планують повернутись до тренувальної діяльності.

Вибір найбільш інформативних біомаркерів оцінки функціональних резервів, стану окремих ланок нервово-м'язової системи, показників складу тіла військовослужбовців-спортсменів в період довготривалої реабілітації для контролю за процесами реадаптації, особливо після осколкових поранень пов'язаних з пошкодженнями зв'язкового апарату, розривами суглобової капсули, сухожилля відповідних м'язів, що призводить до тривалого періоду відсутності навіть мінімальної рухової активності та як наслідок викликає структурні зміни в м'язах, а також впливає на розвиток стану гіпокінезії в цілому, є одним із найбільш спірних питань серед провідних науковців та практиків з функціональної діагностики [1, 11, 17]. Особливо гостро постає питання щодо спроможності широкого використання неінвазійних методів елекронейроміографії (ЕНМГ) [8, 13, 20], особливо методики MUNIX [10, 18, 19], що дозволяє не тільки оцінити вихідні параметри показників амплітуди М-відповіді та індексів кількості активних рухових одиниць та їх розміру в досліджуваних групах м'язів, але й дослідити особливості їх змін в процесі реадаптації військовослужбовців-спортсменів в умовах використання різних навантажень.

2. Мета дослідження

Вивчити особливості зміни показників амплітуди М-відповіді та індексів кількості активних рухових м'язових одиниць та їх розміру в групах військовослужбовців-спортсменів з ураженнями окремих суглобів, їх зв'язкового апарату, сухожилля м'язів внаслідок осколкових поранень в процесі реадаптації, перед повернення до тренувань ММА.

3. Матеріали та методи

В дослідженнях приймали участь 80 військовослужбовців-спортсменів віком 29±1,2 років. Обстежені чоловіки мали попередній досвід тренувальної та змагальної діяльності зі змішаних єдиноборств тривалістю 6±0,9 років. В процесі дослідження, залежно від поставленої мети, було сформовано 4 групи по 20 осіб в кожній. До контрольної групи ввійшли фізично здорові військовослужбовці-спортсмени, які не мали нозологій пов'язаних з опорно-руховим апаратом, а лише проходили період відновлення функціональних резервів після повернення в свої підрозділи з активних бойових дій. Наступні три групи складались з військовослужбовців-спортсменів (60 осіб), які пройшли попередні два періоди (гострий та післягострий) реабілітації в медичних закладах після осколкових поранень. До групи А ввійшли обстежені чоловіки з пошкодженнями

зв'язкового апарату та менісків колінного суглоба. Групу Б було сформовано з обстежених військовослужбовців, в яких внаслідок осколкових поранень відбулись розриви суглобової капсули та зв'язкового апарату, сухожилля м'язів плеча. Група В складалась з обстежених учасників, в яких в процесі перших двох періодів реабілітації вирішували проблеми пов'язані з розривом суглобової капсули та зв'язкового апарату ліктьового суглоба.

Дослідження проводились на базі відділень науково-дослідного центру сучасної кінезіології «KINEZUS» в містах Харків, Дніпро, Миколаїв, Одеса. Дизайн дослідження було схвалено комітетом біоетики Волинського національного університету імені Лесі Українки, Україна. Після пояснення ризиків і переваг дослідження учасники підписали форму інформованої згоди, підготовлену відповідно до етичних стандартів Гельсінської декларації.

Метод електронейроміографії (ЕНМГ), методика (MUNIX).

В процесі досліджень, для визначення параметрів MUNE (Motor Unit Number Estimation) у обстежених військовослужбовців, використовували 2-канальний мініатюрний електронейроміограф Нейро-МВП-Мікро. Основними характеристиками даного приладу є: 2 канали оптимізовані для швидкого проведення тестів моторної та сенсорної провідності, а також голкової ЕМГ; квантова частота до 100 кГц; струмовий стимулятор з двома виходами та надшвидкою комутацією; амплітуда імпульсів від 0.1 до 100 мА; частота стимуляції від 0.05 до 50 Гц; тривалість імпульсу струму від 100 до 5000 мкс.

Згідно до стандартних вимог використання методу MUNE [4, 10], спочатку реєструється показник амплітуди максимальної М-відповіді у проекції рухової точки м'яза. Наступним оцінюються параметри MUNIX (Motor Unit Number Estimation Index) – індекс оцінки кількості рухових одиниць. Шляхом ділення амплітуди максимальної М-відповіді на індекс MUNIX обчислюється інший показник, який називають MUSIX (Motor Unit Size Index) та є індексом розміру рухових одиниць. Необхідно враховувати, що показники MUNIX і MUSIX – це індекси, пропорційні кількості та розміру збережених активних РО, а не їхні абсолютні значення [18, 20]. Так, для реєстрації показника амплітуди М-відповіді необхідно правильно розташувати електроди (активний – на досліджуваний м'яз; референтний електрод – дистально від активного на сухожильну частину, а заземлюючий електрод – накласти максимально близько до реєструючих електродів, і, якщо це можливо, між активним і референтним електродами). Наступним кроком, необхідно провести стимуляцію нерву в певній точці та виміряти відстань від дистальної точки стимуляції до активного електрода враховуючи фізіологічний вигин нерву.

Характерні особливості методики оцінки амплітуди М-відповіді та відповідний алгоритм дій [11, 13, 16]: стимуляція відбувається від 0 мВ з кроком у 3-5 мВ до появи першого відхилення базової лінії; використовувати техніку ковзання (переміщувати катод з боку в бік) при постійній силі стимулу, шукаючи найбільшу амплітуду реакції для визначення точного розташування нерву; спробувати злегка перемістити реєструючий активний електрод у пошуках максимальної амплітуди моторної відповіді з різким негативним відхиленням від базової лінії, що вказує на запис з кінцевої пластинки; виміряти відстань між реєструючим активним електродом і точкою стимуляції; збільшувати силу стимулу доти, доки не буде помічено жодного подальшого збільшення амплітуди потенціалу; збільшити силу стимулу на 20%, щоб забезпечити стимуляцію всіх аксонів у нерві (супрамаксимальна стимуляція). У випадку, якщо супрамаксимальна реакція не досягається при максимальній інтенсивності струму, слід збільшити тривалість імпульсу; необхідно стежити, щоб форма хвилі (амплітуда і морфологія) не змінювалася, незважаючи на остаточне збільшення інтенсивності стимулу.

Методика оцінки індексу рухових одиниць «MUNIX» полягає в тому, що дослідження біоелектричних потенціалів , які виникають в скелетних м'язах, відбувались при різних ізометричних напруженнях. Після попередньої оцінки параметрів максимальної амплітуди М-відповіді, тими ж нашкірними електродами відбувалась реєстрації інтерференційного патерна ЕМГ при різній силі ізометричного скорочення. Вибираються від 6 до 10 епох (тривалістю 300–1000 мс) у діапазоні від

мінімального до максимального скорочення. В пробі «MUNIX» виконується запис результатів ізометричних напружень досліджуваного м'язу (наприклад: 10%, 20%, 30%, 40% и до 100% від 1 ПМ). Протидія подібним напруженням досліджуваного м'яза відбувається за рахунок зусиль партнера. Далі будується регресійна крива за показниками площі та потужності амплітуди М-відповіді й зареєстрованого інтерференційного патерну при різній силі ізометричного скорочення.

Організація досліджень. Дослідження проводились в декілька етапів протягом 2025 року.

На першому етапі проводився детальний аналіз медичних карт 60 обстежених військовослужбовців-спортсменів після завершення періодів гострої та післягострої реабілітації в медичних установах з ураженнями окремих суглобів (колінний, ліктьовий, плечовий), їх зв'язкового апарату, сухожилля м'язів внаслідок осколкових поранень. Оцінювали, використовуючи неінвазійний метод електронейроміографії, вихідні параметри показників амплітуди М-відповіді, значення MUNIX та MUSIX в досліджуваних групах м'язів (дельтоподібний, прямий м'яз стегна, двоголовий та триголовий м'яз плеча) учасників груп А, Б, В, залежно від особливостей їх нозологій після перших двох періодів реабілітації. Проводили нейрофізіологічну оцінку досліджуваних груп м'язів серед фізичного здорових військовослужбовців-спортсменів (контрольна група), які також, як й інші учасники, мають тривалий попередній (до бойових дій) досвід занять змішаними єдиноборствами. Проводили порівняльний аналіз отриманих результатів на початку дослідження між групами учасників.

На другому етапі розробляли експериментальні моделі занять з використанням спеціальних комплексів з різноманітними силовими вправами в поєднанні з режимом навантажень середнього обсягу та інтенсивності (Ra=0,67) з енергозабезпеченням за рахунок механізмів анаеробного гліколізу [7], направлених на процес реадаптації окремих ланок нервово-м'язової системи обстежених груп (А, Б, В) військовослужбовців-спортсменів залежно від особливостей їх нозологій та стану гіпокінезії. Так, представники групи А, в яких внаслідок осколкових поранень було пошкоджено зв'язковий апарат та меніски колінного суглоба, протягом 3 місяців реадаптації використовували модель занять № 1 з застосуванням комплексу ізольованих вправ з протидією зусиллям партнера (реабілітолога) та на тренажерних пристроях за умов можливої зміни положення частин тіла, траєкторії руху [5, 14]. Учасники групи Б, в яких попередня реабілітація була пов'язана з розривом суглобової капсули та зв'язкового апарату, сухожилля м'язів плеча, застосовували модель занять № 2 з комплексом переважно ізольованих вправ з вільною вагою обтяження (обважнювач фіксується на зап'ястку), які виконуються з нестандартною траєкторією та амплітудою рухів. Обстежені військовослужбовці-спортсмени групи В, нозологія яких пов'язана з розривом суглобової капсули та зв'язкового апарату ліктьового суглоба внаслідок осколкових поранень, використовували модель занять № 3, яка поєднувала запропонований для всіх трьох груп режим навантаження (Ra=0,67) середньої інтенсивності з комплексом ізольованих вправ з протидією зусиллям партнера та зовнішнього опору (стінка, лавка) [7, 14].

На третьому етапі проводили порівняльний аналіз особливостей зміни нейрофізіологічних показників амплітуди М-відповіді, MUNIX, MUSIX в досліджуваних м'язах учасників трьох груп (А, Б, В) з різними нозологіями та станом окремих ланок нервово-м'язової системи протягом 3 місяців використання заданих моделей занять, після попередніх двох періодів реабілітації (гострого та післягострого). Оцінювали не лише ефективність процесів реадаптації окремих ланок нервово-м'язової системи, але й ступінь підготовку функціонального стану їх організму до майбутніх тренувань зі змішаних єдиноборств (ММА). Відбувалась обробка отриманих результатів.

Статистичний аналіз. Використовуючи пакет програм IBM *SPSS*Statistics 26 виконували статистичний аналіз результатів дослідження. Програма G-Power 3.1.96 дозволяє визначити найменший розмір вибірки для дослідження (розрахунок статистичної потужності). Використовували непараметричні методи статистичного аналізу визначали медіану (Me) та міжквартильний діапазон (IQR). Критерій

Краскела-Уолліса використовували для порівняння вихідних параметрів між трьома групами обстежених військовослужбовців-спортсменів з різними нозологіями та станом гіпокінезії після перших двох періодів реабілітації. Т-критерій Вілкоксона використовували для порівняння двох залежних вибірок між собою.

4. Результати та обговорення

Виявлені в процесі досліджень результати електронейроміографії (табл. 1-4) демонструють в першу чергу порівняльний аналіз вихідних параметрів показників MUNIX, MUSIX та амплітуди М-відповіді в досліджуваних групах м'язів (дельтоподібний, прямий м'яз стегна, двоголовий та триголовий м'яз плеча) між здоровими учасниками (контрольна група) та групами аналогічних військовослужбовців-спортсменів (А, Б, В), які внаслідок осколкових поранень отримали ураження окремих суглобів (колінний, ліктьовий, плечовий), їх зв'язкового апарату, сухожилля м'язів та напередодні завершили періоди гострої та післягострої реабілітації. Одночасно, оцінювали характер досліджуваних нейрофізіологічних показників серед обстежених трьох груп військовослужбовців-спортсменів з відповідними нозологіями протягом 3 місяців використання експериментальних моделей занять направлених на удосконалення процесів реадаптації окремих ланок нервово-м'язової системи.

Проведений порівняльний аналіз отриманих результатів ЕНМГ, представлених в табл. 1 свідчить про те, що за показниками вихідних параметрів показників MUNIX, MUSIX та амплітуди М-відповіді дельтоподібного м'яза, виявлено достовірну ($p<0,05$) відмінність між військовослужбовцями-спортсменами контрольної групи та представниками груп А, Б, В. Різниця коливалась в межах від 4,1% ($p<0,05$) до майже 6,5 разів. Одночасно, виявлено, що вихідні параметри досліджуваних нейрофізіологічних показників достовірно відрізняються серед учасників обстежених груп, які попередньо пройшли реабілітацію внаслідок осколкових поранень.

Таблиця 1

Показники MUNIX, MUSIX та амплітуди М-відповіді дельтоподібного м'яза у обстежених груп військовослужбовців-спортсменів з ММА протягом дослідження (Me, IQR), n=80

Групи військовослужбовців зі стажем занять змішаними єдиноборствами 6±0,9 років	Показники ЕМГ		
	Амплітуда М-відповіді, мВ	MUNIX	MUSIX, мкВ
Контрольна (здорові військовослужбовці), n=20	*Період відновлення функціональних резервів*		
	9,20 (0,32)	197,00 (9,03)	46,70 (2,27)
Військовослужбовці після осколкових поранень, n=60:	*Результати після закінчення гострого та післягострого періодів реабілітації*		
Група А, n=20	7,40 (0,44)[1]* H=1,09 p=0,44	152,00 (7,24)[1]* H=1,28 p=0,31	48,60 (2,14)[1]* H=7,67 p=0,07
Група Б, n=20	1,40 (0,09)[1]*	32,60 (1,88)[1]*	42,90 (2,24)[1]*
Група В, n=20	5,70 (0,31)[1]*	122,00 (6,13)[1]*	46,70 (2,11)
Військовослужбовці після осколкових поранень, n=60:	*Результати реадаптації після 3 місяців занять перед початком тренувань з ММА*		
Група А, n=20	7,90 (0,59) +6,7%[2]*	169,00 (7,31) +11,1%[2]*	46,70 (2,22) -3,9%[2]*
Група Б, n=20	2,90 (0,10) +107,1%[2]*	74,50 (2,63) +128,5%[2]*	38,90 (1,69) -9,3%[2]*
Група В, n=20	6,80 (0,41) +19,3%[2]*	147,00 (6,78) +20,5%[2]*	46,20 (2,34) -1,1%

Примітка: Н – критерій Краскела-Уолліса між групами А, Б, В; 1* – $p<0,05$ порівняно з вихідними значенням між учасниками контрольної та групами А, Б, В; 2* – $p<0,05$ порівняно з результатами фіксованими до початку занять з реадаптації, після попередньої реабілітації.

Таблиця 2

Показники MUNIX, MUSIX та амплітуди М-відповіді двоголового м'яза плеча у обстежених груп військовослужбовців-спортсменів з ММА протягом дослідження (Me, IQR), n=80

Групи військовослужбовців зі стажем занять змішаними єдиноборствами 6±0,9 років	Показники ЕМГ		
	Амплітуда М-відповіді, мВ	MUNIX	MUSIX, мкВ
Контрольна (здорові військовослужбовці), n=20	*Період відновлення функціональних резервів*		
	9,70 (0,49)	195,00 (9,15)	49,70 (2,51)
Військовослужбовці після осколкових поранень, n=60:	*Результати після закінчення гострого та післягострого періодів реабілітації*		
Група А, n=20	8,10 (0,41)[1]* H=2,53 p=0,22	159,00 (8,55)[1]* H=2,22 p=0,37	50,90 (3,24) H=5,71; p=0,13
Група Б, n=20	3,20 (0,18)[1]*	65,50 (3,61)[1]*	48,80 (2,74)
Група В, n=20	7,2 (0,41)[1]*	138,00 (7,21)[1]*	52,10 (3,01)[1]*
Військовослужбовці після осколкових поранень, n=60:	*Результати реадаптації після 3 місяців занять перед початком тренувань з ММА*		
Група А, n=20	8,90 (0,38) +9,8%[2]*	173,00 (9,25) +8,8%[2]*	51,40 (2,37) 0,9%
Група Б, n=20	4,70 (0,27) +46,8%[2]*	97,70 (4,81) +49,1%[2]*	48,10 (2,24) -1,4%
Група В, n=20	7,80 (0,37) +8,3%[2]*	154,00 (8,33) +11,6%[2]*	50,60 (2,49) -2,8%

Примітка: H – критерій Краскела-Уолліса між групами А, Б, В; 1* – p<0,05 порівняно з вихідними значенням між учасниками контрольної та групами А, Б, В; 2* – p<0,05 порівняно з результатами фіксованими до початку занять з реадаптації, після попередньої реабілітації.

Результати, виявлені після 3 місяців використання запропонованих експериментальних моделей занять військовослужбовцями-спортсменами кожної з трьох груп (А, Б, В), які зазнали осколкових поранень та пройшли курс гострої та післягострої реабілітації, свідчать про наступне. Так, найбільш виражене підвищення показника амплітуди М-відповіді дельтоподібного м'яза на 107,1% (p<0,05) виявлено серед учасників групи Б, в яких внаслідок осколкових поранень відбулись розриви суглобової капсули та зв'язкового апарату, сухожилля м'язів плеча. При цьому, найменш помітну, але одночасно достовірну (p<0,05) динаміку щодо зростання (+6,7%) параметрів досліджуваного показника, виявили у обстежених військовослужбовців групи А. Встановлено, що досліджуваний в показник MUNIX дельтоподібного м'яза демонструє достовірне підвищення серед учасників всіх трьох груп, але найбільш помітне (+128,5%) – серед представників групи Б, які протягом даного періоду часу використовували експериментальну модель занять № 2, направлену на підвищення ефективності процесів реадаптації окремих ланок нервово-м'язової системи. Виявлено, що достовірне зниження параметрів індексу розміру рухових одиниць (MUSIX) в даному м'язі, спостерігали лише серед військовослужбовців групи А (-3,9%) та Б (-9,3%) порівняно з вихідними даними.

Представлені в табл. 2 результати демонструють параметри показників MUNIX, MUSIX та амплітуди М-відповіді двоголового м'яза плеча у обстежених груп військовослужбовців-спортсменів з ММА протягом всіх етапів дослідження.

Виявлено, що вихідні параметри досліджуваних показників ЕНМГ двоголового м'яза плеча, фіксовані серед групи фізичного здорових військовослужбовців-спортсменів в період відновлення функціональних резервів, суттєво відрізняються (від 4,8% до майже в 3 рази) від результатів інших трьох груп (А, Б, В), які мали осколкові поранень певних суглобів, їх зв'язкового апарату та завершили два (гострий та післягострий) періоди реабілітації. При цьому, встановлено, що

достовірну різницю в досліджуваних показниках також спостерігаємо серед військовослужбовців тих же трьох груп, що можливо пов'язано не лише з особливостями уражень внаслідок осколкових поранень, але й процесом попередньої реабілітації.

Аналіз отриманих результатів, після 3 місяців використання військовослужбовцями-спортсменами після поранень та реабілітації розроблених для них експериментальних моделей занять з реадаптації, свідчить про те, що показ амплітуди М-відповіді двоголового м'яза демонструє достовірне ($p<0,05$) підвищення серед представників всіх трьох груп, але найбільш виражене (+46,8%) саме у обстежених групи Б, в яких відбулись розриви суглобової капсули та зв'язкового апарату, сухожилля м'язів плеча. Одночасно, саме у представників групи Б, фіксували за даний період занять, найбільш помітне серед учасників підвищення (+49,1%), індексу кількості активних рухових одиниць (MUNIX). При цьому, достовірних змін показника MUSIX в досліджуваному м'язі серед представників обстежених груп, не відбулось.

В табл. 3 результати демонструють параметри показників MUNIX, MUSIX та амплітуди М-відповіді триголового м'яза плеча у обстежених груп військовослужбовців-спортсменів з ММА протягом всіх етапів дослідження.

Отримані вихідні параметри досліджуваних показників електронейроміографії демонструють, достатньо суттєву різницю (в межах від 19,7% до майже в 8,2 рази), особливо за результатами оцінки амплітуди М-відповіді та MUNIX триголового м'яза плеча між представниками контрольної групи та військовослужбовцями-спортсменами груп А, Б, В. Одночасно, виявлено, що вихідні параметри досліджуваних нейрофізіологічних показників достовірно відрізняються (від 6,6% до майже в 6 разів) серед учасників обстежених груп, які попередньо пройшли реабілітацію внаслідок осколкових поранень.

Результати, виявлені після 3 місяців використання запропонованих експериментальних моделей занять кожній з груп військовослужбовців-спортсменів, які приймали участь в дослідженнях після реабілітації, свідчать про наступне.

Таблиця 3

Показники MUNIX, MUSIX та амплітуди М-відповіді триголового м'яза плеча у обстежених груп військовослужбовців-спортсменів з ММА протягом дослідження (Me, IQR), n=80

Групи військовослужбовців зі стажем занять змішаними єдиноборствами 6±0,9 років	Показники ЕМГ		
	Амплітуда М-відповіді, мВ	MUNIX	MUSIX, мкВ
Контрольна (здорові військовослужбовці), n=20	*Період відновлення функціональних резервів*		
	10,70 (0,41)	199,00 (8,65)	53,70 (2,83)
Військовослужбовці після осколкових поранень, n=60:	*Результати після закінчення гострого та післягострого періодів реабілітації*		
Група А, n=20	7,50 (0,42)[1]* H=1,51 p=0,29	161,00 (8,77)[1]* H=0,99 p=0,46	46,50 (3,01)[1]* H=3,61 p=0,17
Група Б, n=20	3,10 (0,22)[1]*	55,50 (3,23)[1]*	55,80 (2,84)[1]*
Група В, n=20	1,30 (0,08)[1]*	26,20 (1,24)[1]*	49,60 (2,71)[1]*
Військовослужбовці після осколкових поранень, n=60:	*Результати реадаптації після 3 місяців занять перед початком тренувань з ММА*		
Група А, n=20	8,30 (0,39) +10,6%[2]*	174,00 (9,28) +8,1%[2]*	47,70 (2,73) +2,5%
Група Б, n=20	4,90 (0,29) +58,0%[2]*	92,30 (4,93) +66,3%[2]*	53,00 (2,42) -5,0%[2]*
Група В, n=20	2,30 (0,07) +76,9%[2]*	54,20 (2,96) 106,8%[2]*	42,40 (2,54) -14,5%[2]*

Примітка: Н – критерій Краскела-Уолліса між групами А, Б, В; 1* – $p<0,05$ порівняно з вихідними значенням між учасниками контрольної та групами А, Б, В; 2* – $p<0,05$ порівняно з результатами фіксованими до початку занять з реадаптації, після попередньої реабілітації.

Таблиця 4

Показники MUNIX, MUSIX та амплітуди М-відповіді прямого м'яза стегна у обстежених груп військовослужбовців-спортсменів з ММА протягом дослідження (Me, IQR), n=80

Групи військовослужбовців зі стажем занять змішаними єдиноборствами 6±0,9 років	Показники ЕМГ		
	Амплітуда М-відповіді, мВ	MUNIX	MUSIX, мкВ
Контрольна (здорові військовослужбовці), n=20	*Період відновлення функціональних резервів*		
	11,20 (0,51)	226,00 (9,89)	49,50 (3,01)
Військовослужбовці після осколкових поранень, n=60:	*Результати після закінчення гострого та післягострого періодів реабілітації*		
Група А, n=20	1,40 (0,09)[1]* H=2,08 p=0,39	33,20 (1,53)[1]* H=1,11 p=0,44	42,10 (2,25)[1]* H=7,87 p=0,07
Група Б, n=20	7,20 (0,47)[1]*	148,00 (7,03)[1]*	48,60 (2,02)[1]*
Група В, n=20	7,80 (0,55)[1]*	161,00 (7,22)[1]*	48,50 (2,22)[1]*
Військовослужбовці після осколкових поранень, n=60:	*Результати реадаптації після 3 місяців занять перед початком тренувань з ММА*		
Група А, n=20	3,10 (0,11) +121,4%[2]*	93,50 (5,03) +181,6%[2]*	33,10 (1,72) -21,3%[2]*
Група Б, n=20	8,70 (0,59) +20,8%[2]*	183,00 (6,23) +23,6%[2]*	47,50 (2,14) -2,2%
Група В, n=20	9,30 (0,49) +19,2%[2]*	192,00 (8,44) +19,2%[2]*	48,40 (2,54) -0,2%

Примітка: H – критерій Краскела-Уолліса між групами А, Б, В; 1* – p<0,05 порівняно з вихідними значенням між учасниками контрольної та групами А, Б, В; 2* – p<0,05 порівняно з результатами фіксованими до початку занять з реадаптації, після попередньої реабілітації.

Встановлено, що показник амплітуди М-відповіді триголового м'яза плеча демонструє за даний період занять достовірне (p<0,05) підвищення серед представників всіх трьох груп, але найбільш виражене (+76,9%) – саме серед військовослужбовців групи В, в яких внаслідок осколкових відбулись розриви суглобової капсули та зв'язкового апарату ліктьового суглоба.

Отримані результати свідчать, що показник MUNIX досліджуваного м'яза демонструє достовірне підвищення серед учасників всіх трьох груп, але найбільш помітне (+106,8%) – серед представників групи В, які протягом даного періоду часу використовували експериментальну модель занять № 3. При цьому, достовірні зміни показника MUSIX, в даному випадку пов'язані зі зниженням параметрів серед обстежених військовослужбовців груп Б (-5,0%) та В (-14,5%) порівняно з вихідними даними.

Представлені в табл. 4 результати демонструють параметри показників MUNIX, MUSIX та амплітуди М-відповіді прямого м'яза стегна у обстежених груп військовослужбовців-спортсменів з ММА протягом всіх етапів дослідження.

Виявлено, що вихідні параметри переважно показників MUNIX та амплітуди М-відповіді прямого м'яза стегна, демонструють суттєву різницю (від 40,3% до майже в 8 разів) між результатами контрольної групи та військовослужбовцями, які потребують підвищення ефективності реадаптації систем організму після отриманих поранень та попередньої реабілітації (групи А, Б, В). При цьому, встановлено, що достовірну різницю (від 8,3% до майже в 5,5 разів) досліджуваних показників спостерігали серед військовослужбовців тих же трьох груп, що можливо пов'язано не лише з особливостями уражень внаслідок осколкових поранень, але й процесом попередньої реабілітації.

Проведений детальний аналіз отриманих результатів після 3 місяців використання військовослужбовцями-спортсменами після поранень та реабілітації розроблених для кожної з груп (А, Б, В) експериментальних

моделей занять (№ 1-3) з реадаптації, свідчать про наступне. Встановлено, що саме у представників групи А, яка складалась з обстежених військовослужбовців з пошкодженнями зв'язкового апарату та менісків колінного суглоба внаслідок поранень, спостерігали найбільше підвищення показника амплітуди М-відповіді прямого м'яза стегна (+121,4%) та параметрів MUNIX (+181,6%) порівняно з результатами інших двох груп в процесі реадаптації їх організму на даному етапі дослідження. Одночасно, лише у представників групи А, фіксували за даний період занять, достовірне зниження (-21,3% ($p<0,05$) параметрів MUSIX в досліджуваному м'язі, а серед учасників інших груп, фіксували лише недостовірну тенденцію до змін.

Дискусія. В роботі відображені результати, які дозволяють оцінити ступінь ефективності використання методики MUNIX [18, 20] під час проведення електронейроміографії [2, 10, 11], вивчаючи характер зміни нейрофізіологічних показників індексів кількості та розміру активних рухових одиниць під час занять з використанням режиму силових навантажень середньої інтенсивності на тлі різноманітної варіації комплексів вправ, направлених на підвищення ефективності процесів реадаптації організму військовослужбовців-спортсменів, які до бойових дій активно займались змішаними єдиноборствами та після отриманих осколкових поранень окремих суглобів та їх зв'язкового апарату, сухожилля м'язів, пройшли повний курс реабілітації протягом гострого та післягострого періодів. На основі порівняльного аналізу вихідних параметрів показників амплітуди М-відповіді, MUNIX та MUSIX в досліджуваних групах м'язів (дельтоподібний, прямий м'яз стегна, двоголовий та триголовий м'яз плеча) обстежених нами військовослужбовців після закінчення їх реабілітації в медичних установах та групою фізично здорових військовослужбовців-спортсменів, які в минулому також займались різними видами змішаних єдиноборств, дозволили розробити експериментальні моделі занять, направлені на удосконалення процесу реадаптації систем організму з урахуванням особливостей їх нозологій та стану гіпокінезії, що можливо позитивно вплине на підготовку їх функціонального стану з метою повернення до тренувальної діяльності ММА. Одночасно, в процесі дослідження вивчали спектр із найбільш дискусійних питань не лише серед фахівців з функціональної діагностики [3, 4], але й науковців з кінезіології, реабілітації та спортивної діяльності [5, 13, 16], пов'язаних не тільки оцінкою ефективності впливу запропонованих моделей занять на процеси реадаптації військовослужбовців з відповідними нозологіями, але й спроможність використання показників амплітуди М-відповіді, MUNIX та MUSIX в якості найбільш оптимальних неінвазійних біомаркерів контролю за відновленням окремих ланок нервово-м'язової системи подібного контингенту в період довготривалої реабілітації та підготовки до спортивної діяльності.

Отримані результати розширяють наукові дані [3, 8, 9, 18] щодо оцінки стану гіпокінезії, особливо окремих ланок нервово-м'язової системи у військовослужбовців-спортсменів після реабілітації пов'язаної з ураженнями суглобів та зв'язкового апарату внаслідок осколкових поранень, використовуючи метод електронейроміографію на прикладі методики MUNIX. В одному випадку, у обстежених військовослужбовців після закінчення попередніх реабілітаційних періодів, ми спостерігали низькі, критичні параметри показника амплітуди М-відповіді в м'язах агоністах, що забезпечують основний рух в досліджуваних суглобах та одночасне переважання в декілька разів параметрів MUSIX над показника MUNIX. Відповідне співвідношення досліджуваних показників ЕНМГ в певних групах м'язів після реабілітації з подібними нозологіями, посилаючись на дослідження провідних науковців [1, 10, 11] свідчить не лише про суттєве зниження кількості активних аксонів, але й пов'язано з можливим збільшенням розміру активних рухових одиниць в м'язах за рахунок зменшення їх кількості на тлі гіпокінезії внаслідок вимушеної гіподинамії, що вказує на активацію компенсаторних механізмів та в деяких випадках патологічні наслідки. В іншому випадку, порівняно з фізично здоровими військовослужбовцями-спортсменами, які мали аналогічну за рахунок

занять змішаними єдиноборствами підготовку, після тривалого періоду реабілітації пов'язаної з подібними нозологіями внаслідок поранень, спостерігали майже ідентичні параметри показників MUNIX та MUSIX м'язів синергістів на тлі низького рівня амплітуди М-відповіді, що свідчило про можливо, як стверджує низка дослідників [2, 17, 19], виражені прояви атрофії. При цьому, в процесі детального аналізу вихідних параметрів досліджуваних нейрофізіологічних показників було виявлено, що у обстежених військовослужбовців-спортсменів з відповідними нозологіями після закінчення двох основних періодів реабілітації, в групах м'язів синергістів фіксували зовсім протилежне співвідношення параметрів показників MUNIX та MUSIX на тлі практично ідентичних значень рівня амплітуди М-відповіді, що викликає серед сучасних науковців [3, 8, 13], низку питань, які залишаються не вирішеними та потребують додаткового вивчення.

Виявлено, що в групах обстежених військовослужбовців, які після реабілітації протягом 3 місяців використовували експериментальні моделі занять розроблені з урахуванням особливостей їх нозологій, стану гіпокінезії та направлені на підвищення ефективності процесів реадаптації після подібних поранень, спостерігали достовірне та одночасно помірне підвищення параметрів показників амплітуди М-відповіді та MUNIX в досліджуваних м'язах синергістах. Однак, найбільш виражене підвищення контрольованих біомаркерів ЕНМГ на тлі зниження параметрів індексу розміру активних рухових одиниць (MUSIX) в обстежених групах учасників, фіксували лише в м'язах агоністах, вихідні значення яких на початку дослідження демонстрували виражені прояви атрофії та зниження активності аксонів в РО внаслідок розривів суглобової капсули та зв'язкового апарату, сухожилля після поранень, або тривалої гіподинамії в період реабілітації з низьким рівнем ефективності [9, 11, 20]. Отримані результати вказують на ефективність процесів реадаптації окремих ланок нервово-м'язової системи та зв'язкового апарату суглобів обстежених військовослужбовців-спортсменів в умовах використання експериментальних моделей занять розроблених на основі варіативного поєднання режиму навантажень середнього обсягу та інтенсивності (Ra=0,67) з комплексом ізольованих вправ з протидією зусиллям партнера та зовнішнього опору залежно від особливостей нозологій [6, 7, 15].

5. Висновки

Використання показників амплітуди М-відповіді, MUNIX та MUSIX в якості інформативних біомаркерів методу електронейроміографії, є ефективним механізмом оцінки стану окремих ланок нервово-м'язової системи військовослужбовців-спортсменів після попередніх двох етапів реабілітації внаслідок осколкових уражень колінного, плечового та ліктьового суглобів, їх зв'язкового апарату, сухожилля м'язів Детальний аналіз співвідношення параметрів показників індексів кількості та розміру активних рухових одиниць в м'язах агоністів та синергістів, дозволяє чітко оцінити ефективність програм занять з реабілітації в медичних установах для військовослужбовців з подібними нозологіями. Проведення порівняльного аналізу результатів ЕНМГ в досліджуваних м'язах між військовослужбовцями з подібними нозологіями та фізичного здоровими військовослужбовцями з ідентичним періодом занять змішаними єдиноборствами, дозволяють розробити та оцінити на практиці ефективність експериментальних моделей занять з використанням певної комбінації режимів силових навантажень та відповідних комплексів переважно ізольованих вправ, для підвищення ефективності процесів реадаптації з урахуванням можливих ускладнень після подібних поранень в період підготовки до майбутньої тренувальної та змагальної діяльності в ММА.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

References

1. Bostock, H., Jacobsen, A., & Tankisi, H. (2019). Reply to "MUNIX value dependence on surface electromyogram properties". *Clinical Neurophysiology*.

130(12):2290. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.09.007

2. Cao, B., Gu, X., Zhang, L., Hou, Y., Chen, Y., Wei, Q., & Ou, R. (2020). Reference values for the motor unit number index and the motor unit size index in five muscles. *Muscle & Nerve*. *61*(5):657-61. https://doi.org/10.1002/mus.26837
3. Casolo, A., Maeo, S., & Balshaw, T. (2023). Non-invasive estimation of muscle fibre size from high-density electromyography. *Journal of Physiology*. *601*(10):1831-50. https://doi.org/10.1113/JP284170
4. Chen, M., Zhu, M., Li, X., Pi, J., & Feng X. (2024). Motor unit number index in Bell's palsy: A potential electrophysiological biomarker for early evaluation. *Brain and Behavior*. *14*(9): e3632. https://doi.org/10.1002/brb3.3632
5. Chernozub, A., Tsos, A., Olkhovyi, O., Hlukhov, I., Koval, V., & Zavizion, O. (2025). Readaptation of functional capabilities of special unit servicemen with long-term hypodynamia caused by peripheral neuromuscular system damage. *Physical Rehabilitation and Recreational Health Technologies*. *10*(1):9–19. https://doi.org/10.15391/prrht.2025-10(1).02
6. Chernozub, A., Olkhovyi, O., Korobeinikova, L., Kizilova, A., Zavizion, O., & Maidachenko, A. (2025). Functional overstrain during long-term rehabilitation of military personnel with musculoskeletal Injuries of the limbs. *Physical Rehabilitation and Recreational Health Technologies*. *10*(5):336–345. https://doi.org/10.15391/prrht.2025-10(5).04
7. Chernozub, A., Aloshyna, A., Korobeynikov, G., Koval, V., Havrylov, Y., Sherstiuk, L., Potop, V., Timnea-Florescu, C., & Timnea, O. (2025). Resistance of mature and elderly bodybuilders to anaerobic energy supply load. *PeerJ*. *13*:e19844 https://doi.org/10.7717/peerj.19844
8. Ebersbach, T., Roediger, A., Steinbach, R. Appelfeller, M., Tuemmler, A., Stubendorff, B., & Axer, H. (2023). Motor unit number index (MUNIX) loss of 50% occurs in half the time of 50% functional loss according to the D50 disease progression model of ALS. *Sci Rep*. *3*:3981. https://doi.org/10.1038/s41598-023-30871-x
9. Gray, L., Coppack, R., Barker-Davies, R., Cassidy, R., Bennett, A., & Caplan, N. (2025). Efficacy and acceptability of different blood flow restriction training interventions during the rehabilitation of military personnel with lower limb musculoskeletal injuries: protocol for a two-phase randomised controlled trial. *BMJ Open*. *15*(5):e096643. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-096643
10. Gunes, T., Sirin, N., Sahin, S., Kose, E., & Isak, B. (2021). Use of CMAP, MScan fit-MUNE, and MUNIX in understanding neurodegeneration pattern of ALS and detection of early motor neuron loss in daily practice. *Neuroscience Letters.* *741*(10):135488. https://doi.org/10.1016/j.neulet.2020.135488
11. Lang, P., Amann, M., Riesner, H., Friemert, B., Siebers, H., & Betsch, M. (2025). Electromyography and range-of-motion measurements in German soldiers wearing different types of body armour while marching. *BMJ Mil Health*. *171*(1):38–43. https://doi.org/10.1136/military-2023-002618
12. Manolachi, V., Chernozub, A., Tsos, A., Syvokhop, E., Marionda, I., Fedorov, S., Shtefiuk, I., Potop, V. (2023). Modeling the correction system of special kick training in Mixed Martial Arts during selection fights. *Journal of Physical Education and Sport*. *23*(8):2203-2211. https://doi.org/10.7752/jpes.2023.08252
13. Mendonça, R., Machado, L., Heise, C., Polido, G., Jr, C., & Silva, A. (2021). Motor unit number index (MUNIX) in children and adults with 5q-spinal muscular atrophy: Variability and clinical correlations. *Full length article*. *31*(6):498-504. https://doi.org/10.1016/j.nmd.2021.02.019
14. Savenko, A., Chernozub, A., Turkmen, M., Olkhovyi, O., Shtefiuk, I., Korchaging, M. (2025). Readaptation of the functional reserves of elite mixed martial arts athletes during long-term rehabilitation after musculoskeletal injuries. *Physical rehabilitation and recreational health technologies*. *10*(6):457-466. https://doi.org/10.15391/prrht.2025-10(6).08
15. Savenko, A., Shtefiuk, I., Olkhovyi, O., Pashkov, I., & Chernozub, A. (2026). Functional overreaching and adaptation failure in special operations forces servicemen with varied resistance during intensive loads. *Physical Rehabilitation and Recreational Health Technologies*. *11*(2):84–94. https://doi.org/10.15391/prrht.2026-11(2).03
16. Savenko, A., Tsos, A., Olkhovyi, O., Kizilova, A., & Chernozub, A. (2026). Neurophysiological assessment of the motor unit number estimation index (MUNIX) during the rehabilitation process of military servicemen with neuromuscular system injuries. *Physical Rehabilitation and Recreational Health Technologies*. *11*(3). 224–233. https://doi.org/10.15391/prrht.2026-11(3).08
17. Sole-Cruz, E., Salort-Campana, E., Lenglet, T., Fortanier, E., Pereon, Y., Berling, E., & Beloribi-Djefaflia, S. (2026). Electrophysiological assessment of motor unit loss in adult spinal muscular atrophy types III and IV: a multicenter national study comparing MUNIX, CMAP, and MUSIX. *Journal of Neurology*. *273*(174). https://doi.org/10.1007/s00415-026-13714-3
18. Sousa, M., Escorcio-Bezerra, M., & Pinto, W. (2019). Motor unit number index (MUNIX) in myopathic disorders: Clinical correlations and potential pitfalls. *Neurophysiologie Clinique*. *49*(4):329-34. https://doi.org/10.1016/j.neucli.2019.07.002
19. Suzan, A., Bilgin, S., Degirmenci, P., Adatepe, N., Doventas, A., & Gunduz, A. (2026). What causes loss of muscle mass in primary sarcopenia: A MUNIX analysis and correlation with plasma biomarkers. *Acta Neurol Belg*. *126*(1):145-54. https://doi.org/10.1007/s13760-025-02873-1
20. Zheng, X., Li, X., Qi, G., Liu, H., Chen, J., Feng, & X. (2026). Motor Unit Number Index (MUNIX) as an Early Prognostic Biomarker in Acute Bell's Palsy: A Prospective Cohort Study. *Neurology*. *19*:558041. https://doi.org/10.2147/IJGM.S558041