



## ЕМГ – активність м'язів верхньої кінцівки людини при патології нервово-м'язового проведення

Олена Чех<sup>1</sup>, Олена Моренко<sup>2</sup>, Ольга Титюк<sup>1</sup>, Ольга Коржик<sup>1</sup>,  
Алевтина Моренко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна

<sup>2</sup>Медичний факультет, Карлів університет, Градець-Кралове, Чехія

Адреса для листування: [Morenko.Alevtyna@eenu.edu.ua](mailto:Morenko.Alevtyna@eenu.edu.ua)

Отримано: 28.09.19; прийнято до друку: 20.12.19; опубліковано: 28.12.19

**Резюме.** У дослідженні взяли участь 24 добровольці віком від 17 до 32 років, об'єднані в «патологічну» (з діагностованою патологією нервово-м'язового проведення верхньої правої кінцівки посттравматичної етіології, n=8) і «здорову» (n=16) групи. В обох групах обстежуваних здійснювали послідовну реєстрацію М-відповіді *abductor pollicis brevis*, стимулюючи *n. medianus* та *abductor digiti minimi* під час стимуляції *n. ulnaris*. Аналізували амплітуду М-відповіді, резидуальну латентність та швидкість поширення збудження.

Порушення нервово-м'язового проведення супроводжуються нижчими амплітудами М-відповіді під час стимуляції м'язів *abductor digiti minimi* і *abductor pollicis brevis*, ніж такі в нормі. Під час стимуляції у нижній третині плеча виявлено порівняне переважання значень резидуальної латентності М-відповіді м'язів *abductor digiti minimi* і *abductor pollicis brevis* в обстежуваних «патологічної групи». Встановлено вищу швидкість поширення збудження по рухових нервових волокнах під час стимуляції м'язів *abductor digiti minimi* і *abductor pollicis brevis* в обстежуваних «здорової» групи, ніж «патологічної».

**Ключові слова:** нейропатії, М-відповідь, резидуальна латентність, швидкість поширення збудження, *abductor digiti minimi*, *abductor pollicis brevis*.

## EMG activity of upper limb muscles in the case of nervous muscular transmission's pathology in the human

Olena Chekh<sup>1</sup>, Olena Morenko<sup>2</sup>, Olha Tytiuk<sup>1</sup>, Olha Korzhyk<sup>1</sup>,  
Alevtyna Morenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lesya Ukrainka Eastern European National University, Lutsk, Ukraine

<sup>2</sup> Faculty of Medicine, Charles University, Hradec-Kralove, The Czech Republic

**Abstract.** In many cases of a disease or an injury of the upper limb nerve impulses are impaired. The high level of diagnostic and tactical errors in upper limb's nerve damage often leads to poor treatment outcomes. An important and sometimes decisive factor in the choice of treatment is the assessment of the functional state of the nerves and muscles of the affected limb segment. The purpose of this testing is to study the features of the upper limb muscles's stimulating EMG activity in normal and in the case of clinical pathology of neuromuscular transmission.

24 volunteers between the ages of 17 and 32, both male and female, with the right profile of manual asymmetry took part in the study. While dividing into groups, the presence of the diagnosed pathology of the upper right limb's neuromuscular transmission of posttraumatic etiology was taken into account. Accordingly, we created a "pathological" (n= 8) and a "healthy" (n= 16) groups. In both groups we sequentially recorded the M-response of the *abductor pollicis brevis* during stimulation of the *nerve medianus* as well as the M-response of

the *abductor digiti minimi* during stimulation of the *nerve ulnaris*. The M-response amplitude, residual latency, and excitation propagation rate were analyzed.

Neuromuscular transmission's disorders are accompanied by lower M-response amplitudes during stimulation of the *abductor digiti minimi* and the *abductor pollicis brevis* than in normal. During stimulation of motor nerves in the lower third of the shoulder, a comparative predominance of M-response's residual latency values of the *abductor digiti minimi* and the *abductor pollicis brevis* was observed in the "pathological" group. A higher excitation propagation rate on motor nerve fibers during stimulation of the *abductor digiti minimi* and the *abductor pollicis brevis* was found in the "healthy" group than in the "pathological" one.

**Key words:** neuropathy, M-response, residual latency, excitation propagation rate, *abductor digiti minimi*, *abductor pollicis brevis*.

## ВСТУП

Постановка проблеми загалом та її зв'язок із поточними науковими та практичними завданнями. Проблема ушкоджень периферичних нервів верхніх кінцівок має вагому медико-соціальну значущість, оскільки частота таких порушень становить від 1,5 до 10% усіх травм кінцівок. Більше того, ушкодження периферичних нервів призводить до стійкої інвалідизації потерпілих. Особливо високий ступінь інвалідизації хворих за тяжких та застарілих ушкоджень нервів. За даними Жулева та ін. [1], Живолупа [2], Ковражкіна [3], Campbell [4], Kimura [5], патології нервово-м'язового проведення верхньої кінцівки складають 48% у структурі неврологічної захворюваності. До найбільш несприятливих ушкоджень нервів, результати лікування яких є особливо невтішними, належать тяжкі травми плеча і кисті, ушкодження зі значними дефектами нервової тканини, що супроводжуються відсутністю частини нервового стовбура або ушкодженням нервів на кількох рівнях [6–8]. У жінок такі порушення трапляються в 4–5 разів частіше, ніж у чоловіків, що ряд авторів [9, 10] пояснюють анатомічними особливостями. Пік захворюваності припадає на вік 40–60 років, і лише 10% осіб віком до 31–32 років страждають на порушення нервово-м'язового проведення [11–13].

Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких розпочато вирішення проблеми. Варто відзначити високий рівень діагностичних і тактичних помилок під час ушкодження нервів верхньої кінцівки, що часто призводять до незадовільних результатів лікування [14]. Важливим, а іноді й визначальним фактором у виборі тактики лікування, є оцінка функціонального стану нервів та м'язів ураженого сегменту кінцівки [15]. Важко перебільшити можливості електроміографії (ЕМГ) у діагностиці рівня та тяжкості ушкодження нерва, визначенні стадії денерваційно-реіннерваційного процесу та прогнозуванні можливості відновлення функції, ефективності

лікування [16, 17]. У гострій період захворювання, якщо хворий не потребує оперативного втручання на інших структурах, під час яких можна виконати ревізію нерва, основним питанням є тяжкість ушкодження нерва та можливість подальшого самостійного відновлення нервового стовбура [18]. В більш пізні терміни, при застарілих ушкодженнях, виникає інша дилемма: виконувати оперативне втручання на нерві чи ортопедичну корекцію рухових порушень [14, 19]. На думку Aminoff [19], у більшості випадків саме первинне ЕМГ дослідження має допомогти лікареві-діагносту оцінити тяжкість отриманого пошкодження нерва, структурно-функціональний стан відповідних м'язів та обґрунтувати тактику подальшого лікування. Особливу цінність при цьому складають можливості стимуляційної електроміографії, яка дозволяє оцінити швидкість проведення імпульсу по нервах верхніх кінцівок і амплітуду викликаного потенціалу дії м'яза (М-відповідь), який є сумарним електричним потенціалом м'яза у відповідь на електричне подразнення відповідного нерва [10, 17]. Виявляється актуальним з'ясування конкретних показників функціонування нервово-м'язового апарату верхньої кінцівки в умовах дефіциту нервового проведення та порівняння їх із аналогічними показниками в нормі. Особливий інтерес виявляє вивчення таких питань в осіб молодого віку, оскільки на сьогодні подібні захворювання зазнають вагомого омоложення [14].

**Метою нашого дослідження** є вивчення особливостей викликаної активності м'язів верхньої кінцівки людини в нормі і в умовах клінічної патології нервово-м'язового проведення.

## МАТЕРІАЛИ Й МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Загалом у дослідженнях взяли участь 24 особи віком від 17 до 32 років, чоловічої та жіночої статей. Були дотримані норми біоетики, усі обстежувані дали інформовану згоду на участь у експерименті.

В основу поділу на групи було взято принцип наявності або відсутності у тестованого патології нервово-м'язового проведення верхньої кінцівки посттравматичної етіології. Діагноз щодо наявності або відсутності патології нервово-м'язового проведення було також поставлено лікарем. Обстежуваних із клінічною патологією було об'єднано в «патологічну» групу, до якої увійшли 8 осіб. Іншу, «здорову», групу склали 16 здорових щодо нервово-м'язової функції верхньої кінцівки обстежуваних. Усі обстежувані за самооцінкою та моторними пробами мали правий профіль моторної асиметрії. Розподіл на гендерні підгрупи не проводили.

Процедура і методи обстеження. Усі обстеження були проведені в першій половині дня в лабораторії електроміографії кафедри фізіології людини і тварин СНУ імені Лесі Українки з консультативною допомогою лікаря-діагноста. Під час експерименту обстежуваний перебував у електроміографічному діагностичному кріслі у зручному положенні сидячи. Обидві руки були зігнуті в ліктьовому суглобі та в розслабленому стані лежали на підлокотнику. Це виключало можливість розтягу м'язових волокон і рефлекторних змін їхнього тону, що не були пов'язані із завданнями дослідження. Електроміограму (ЕМГ) реєстрували на правій ведучій руці.

Реєстрацію ЕМГ здійснювали з використанням двоканальної системи комп'ютерної електроміографії «Нейро-ЕМГ-Мікро» (ТУ 9441-034-13218158-2007, ЄС-Сертифікат відповідності № RQ093102-V, виданий EUROCAT Institute for Certification and Testing і чинний до 07.11.2019). Виробником є ООО «Нейрософт» (Росія, м. Іваново).

Система реєстрації ЕМГ складалася з електродів, які відводили потенціали м'язу, підсилювача цих сигналів і реєструвального пристрою. Основою цієї методики є вивчення параметрів викликаних відповідей м'язів при стимуляції електричним струмом їх периферичних нервів. В обох групах обстежуваних здійснювали реєстрацію викликаного ЕМГ активності короткого відвідного м'язу великого пальця (*abductor pollicis brevis*), стимулюючи серединний нерв (*n. medianus*) та відвідний м'яз мізинця (*abductor digiti minimi*) під час стимуляції ліктьового нерва (*n. ulnaris*). Процедуру реєстрації стимуляційної ЕМГ [16, 17]

проводили в такий спосіб. Активний електрод поміщали на робочу точку м'язу (місце найбільшого випинання при напруженні), референтний – на найближче сухожилля або ж на кістковий виступ, тоді як заземлюючий – вище середини передпліччя. Біполярним стимуляційним електродом проводили стимуляцію зазначених нервів слабкими розрядами електричного струму (від 2 до 15 мВ). Електрод послідовно прикладали у трьох точках на шкірі руки, що відповідали найближчому заляганню зазначених рухових нервів до поверхні: в ділянці зап'ястка, ліктьового згину та нижньої частини плеча. Отримавши М-відповідь м'язу, яка відображалася на моніторі, поступово збільшували силу подання струму до моменту, коли пік амплітуди припиняв збільшуватися. Таким чином фіксували максимальне значення амплітуди М-відповіді м'язу.

Різницю потенціалів від електродів подавали на вхід посилювача напруги. Вхідний опір для синфазного сигналу становив понад 100 МОм. Напруга внутрішніх шумів, приведена до входу, не перевищувала 0,1 мкВ. Стала часу перехідного процесу становила 100 мс, коефіцієнт послаблення синфазного сигналу – 110 дБ, міжканального затухання – 60 дБ. Підсилювачі мали смугу пропускання 0,1–10 000 Гц. Швидкість розгортки запису становила 5 мс/см, частота дискретизації сигналу – 200 Гц, опір електродів – близько 100 кОм. Під'єднання реєструвальної апаратури до ЕОМ (процесор – Pentium (R) Dual-Core CPU E5200 @ 2.50 GHz 15.20 GHz, звуковий пристрій – High Definition Audio) здійснювали через USB/2 порт. Сигнали ЕМГ обробляли в режимі off-line за допомогою фільтрації. Фільтри високих частот встановлювали на рівні 5кГц, низьких – 2 Гц. Режекторний фільтр становив 50–60 Гц, епоха аналізу – 3 с, частота запиту аналого-цифрового перетворювача – 10 кГц.

Для аналізу брали до уваги такі показники: амплітуда М-відповіді, резидуальна латентність (РЛ) М-відповіді та швидкість поширення збудження (ШПЗ).

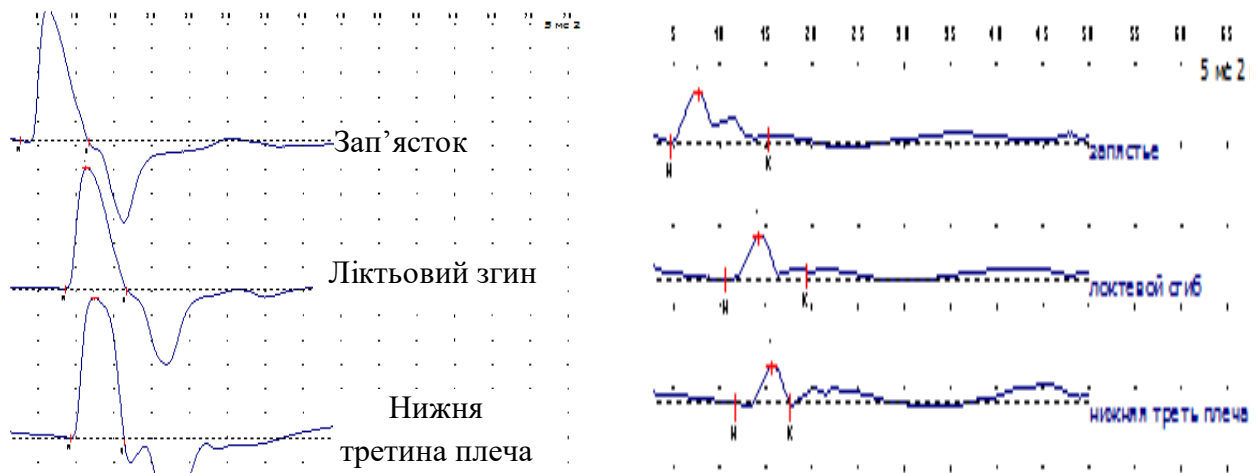
Використовували стандартні статистичні методи. Оцінювали вибірки щодо нормальності розподілу. Оскільки останній виявився нормальним, визначали середнє значення (М) і похибки середнього ( $\pm m$ ). Наявність відмінностей між показниками визначали за допомогою Т-критерію Стьюдента. Різницю між двома середніми величинами вважали достовірною при значеннях  $t \geq 2$ ,  $p \leq 0,05$ .

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

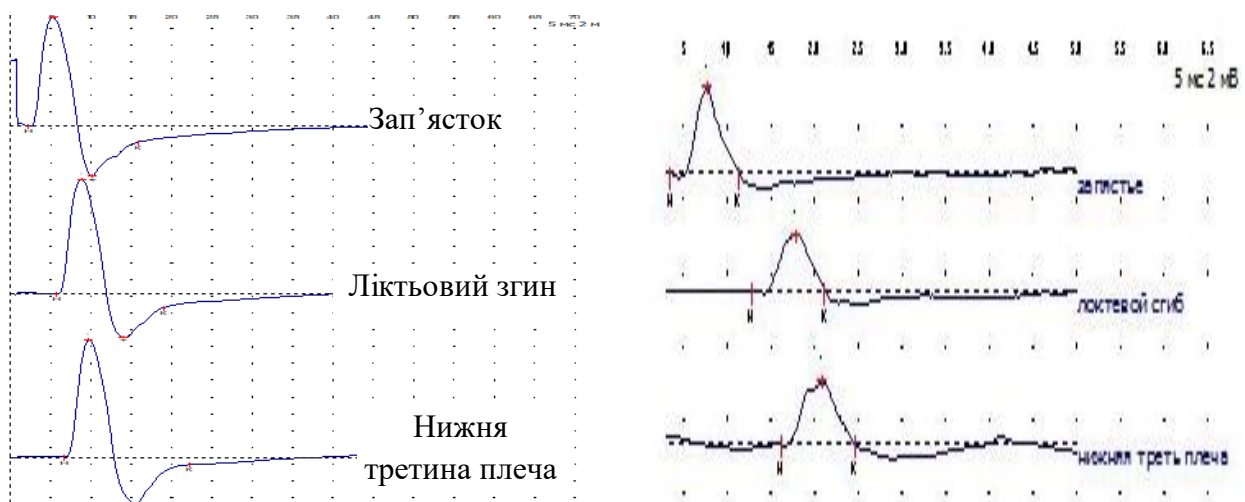
Особливості викликаної ЕМГ-активності м'язів верхньої кінцівки в нормі і в умовах клінічної патології нерво-м'язового проведення. В обстежуваних «здорової» групи амплітуда М-відповіді досліджуваних м'язів верхньої кінцівки *abductor pollicis brevis* і *abductor digiti minimi* характеризувалася високим і чітким піком та аналогічними міограмами у трьох різних ділянках (зап'ясток, ліктьовий згин, нижня третина плеча). В обстежуваних із діагностованою патологією нерво-м'язового проведення спостерігали нижчу амплітуду, деформацію форми М-відповіді, появу додаткових піків ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 1, 2).

Кількісний аналіз стимуляційної електроміограми досліджуваних м'язів виявив, що амплітуда М-відповіді відповідного м'яза мізинця (*abductor digiti minimi*) і короткого відвідного м'яза великого пальця (*abductor pollicis brevis*) в обстежуваних «здорової» групи була значно вищою ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з «патологічною» групою (рис. 3, табл. 1).

Значення резидуальної латентності (РЛ) М-відповіді під час стимуляції відповідного м'яза мізинця (*abductor digiti minimi*) і короткого відвідного м'яза великого пальця (*abductor pollicis brevis*) у точках зап'ясток та ліктьовий згин не виявляли значущих міжгрупових відмінностей, тоді як під час стимуляції у нижній третині плеча фіксували порівняно вищу РЛ в осіб «патологічної» групи ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 4, табл. 2).



**Рис. 1.** Амплітуда М-відповіді короткого відвідного м'яза великого пальця (*abductor pollicis brevis*) у нормі (зліва) та при порушенні нерво-м'язового проведення (справа).



**Рис. 2.** Амплітуда М-відповіді відвідного м'яза мізинця (*abductor digiti minimi*) у нормі (зліва) та при порушенні нерво-м'язового проведення (справа)

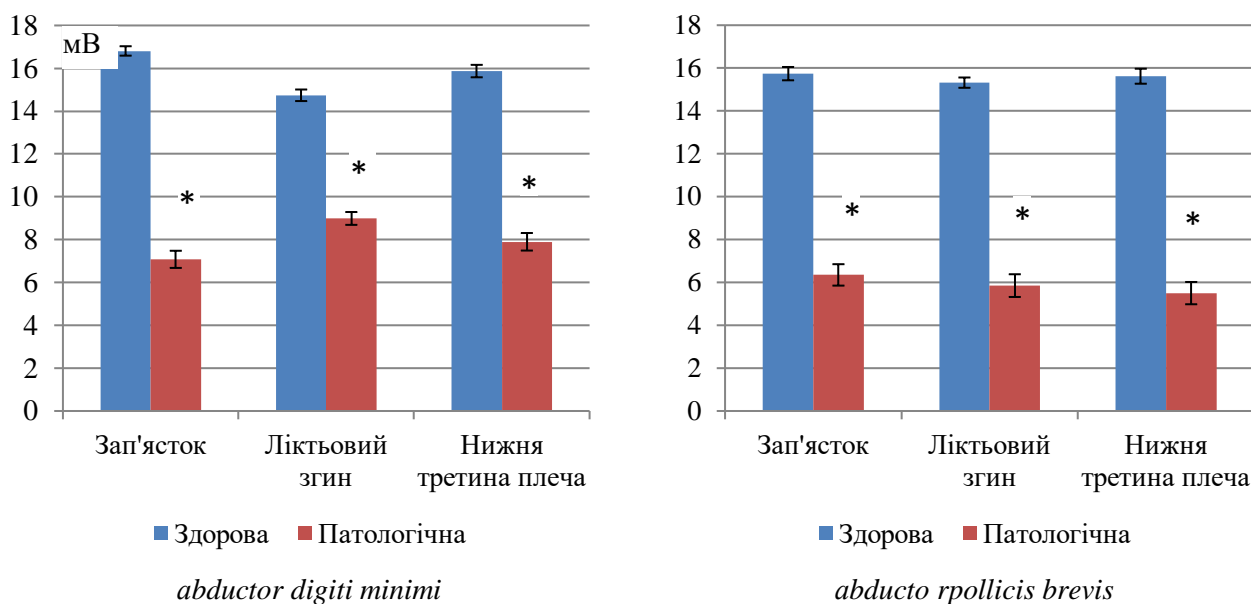


Рис. 3. Амплітуди М-відповіді (мВ) під час стимуляції *abductor digiti minimi* і *abductor pollicis brevis* в обстежуваних «здорової» і «патологічної» груп

Примітка до рис. 3–5: \* – значущі відмінності показників у обстежуваних «здорової» і «патологічної» груп,  $p \leq 0,05$ .

Таблиця 1

Амплітуди М-відповіді (мВ) під час стимуляції *abductor digiti minimi* і *abductor pollicis brevis* у обстежуваних «здорової» і «патологічної» груп

Групи \ Точки стимуляції	<i>Abductor digiti minimi</i>			<i>Abductor pollicis brevis</i>		
	Зап'ясток	Ліктьовий згин	Нижня третина плеча	Зап'ясток	Ліктьовий згин	Нижня третина плеча
«Здорова»	16,8±0,2	14,7±0,2	15,8±0,2	15,7±0,3	15,3±0,2	15,6±0,3
«Патологічна»	7,08±0,4	8,9±0,3	7,9±0,41	6,3±0,5	5,8±0,5	5,5±0,5

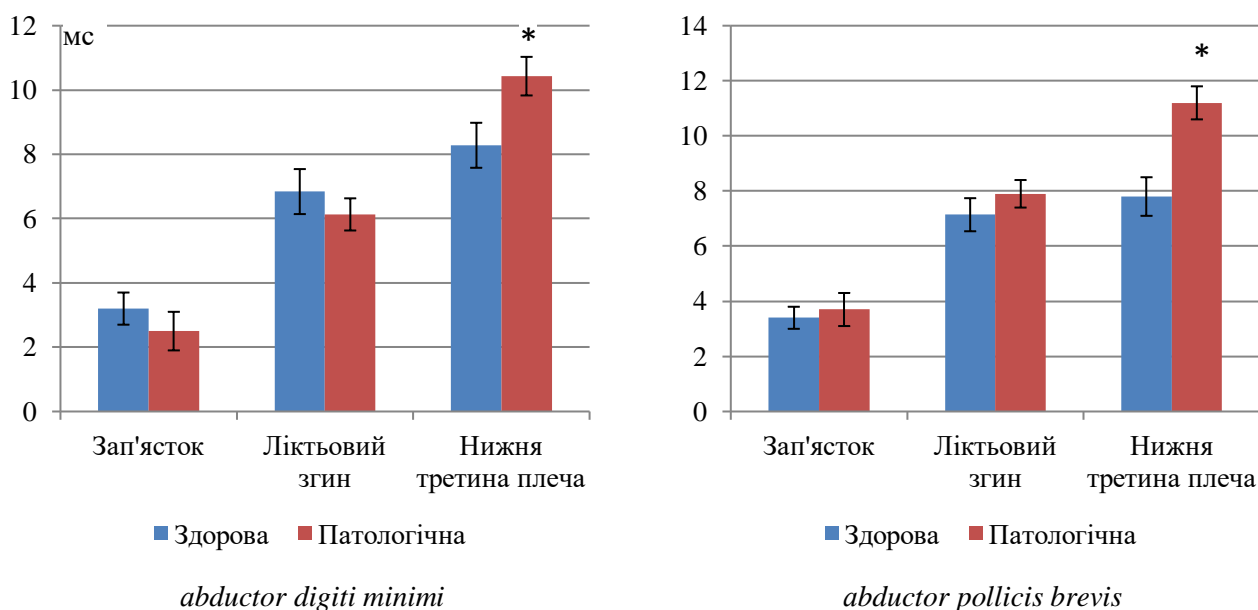
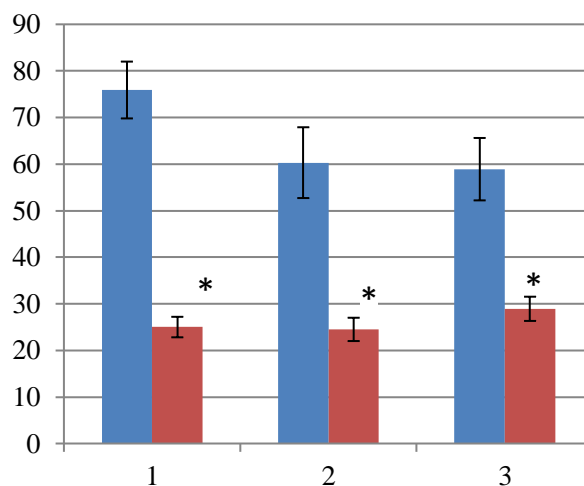
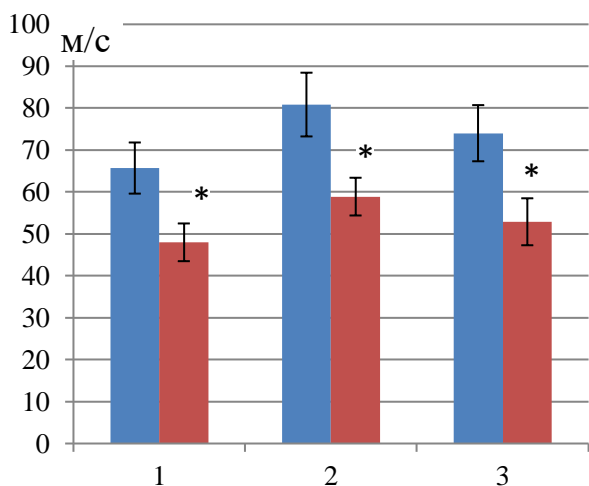


Рис. 4. Резидуальна латентність (мс) М-відповіді під час стимуляції *abductor digiti minimi* і *abductor pollicis brevis* у обстежуваних «здорової» і «патологічної» груп

Резидуальна латентність (мс) М-відповіді під час стимуляції *abductor digiti minimi* і *abductor pollicis brevis* у обстежуваних «здорової» і «патологічної» груп

Групи	Точки стимуляції	<i>Abductor digiti minimi</i>			<i>Abductor pollicis brevis</i>		
		Зап'ясток	Ліктьовий згин	Нижня третина плеча	Зап'ясток	Ліктьовий згин	Нижня третина плеча
«Здорова»		3,2±0,5	6,8±0,7	8,2±0,7	3,4±0,6	7,1±0,6	7,8±0,7
«Патологічна»		2,5±0,6	6,1±0,9	10,4±0,5	3,7±0,7	7,9±0,5	11,2±0,6



■ Здорова ■ Патологічна

*abductor digiti minimi*

■ Здорова ■ Патологічна

*abductor pollicis brevis*Рис. 5. Швидкість поширення збудження (м/с) під час стимуляції *abductor digiti minimi* і *abductor pollicis brevis* у обстежуваних «здорової» і «патологічної» групШвидкість поширення збудження (м/с) під час стимуляції *abductor digiti minimi* і *abductor pollicis brevis* у обстежуваних «здорової» і «патологічної» груп

Групи	Точки стимуляції	<i>Abductordigitiminimi</i>			<i>Abductorpollicisbrevis</i>		
		Зап'ясток/ Ліктьовий згин	Ліктьовий згин/ Нижня третина плеча	Зап'ясток/ Нижня третина плеча	Зап'ясток/ Ліктьовий згин	Ліктьовий згин/ Нижня третина плеча	Зап'ясток/ Нижня третина плеча
«Здорова»		65,7±6,1	80,8±6,7	74,0±8,1	75,9±6,1	60,3±7,6	58,9±6,7
«Патологічна»		48,0±5,5	58,9±6,7	52,9±4,8	25,0±2,2	24,5±2,5	28,9±2,6

Встановлено вищу швидкість поширення збудження (ШПЗ) під час стимуляції відповідного м'яза мізинця (*abductor digiti minimi*) і короткого відповідного м'яза великого пальця (*abductor pollicis brevis*) в обстежуваних «здорової групи» порівняно з «патологічною» (рис. 5., табл. 3).

Таким чином, під час експерименту було встановлено, що порушення нерво-м'язового проведення посттравматичного генезу супроводжуються нижчими амплітудами М-відповіді м'язів *abductor digiti minimi* і *abductor pollicis brevis*, ніж такі у нормі. Така

закономірність, з одного боку, може бути пов'язана з травматичним пошкодженням нервів *n. medianus* і *n. ulnaris*, що провокує деяке блокування нервових імпульсів до досліджуваних м'язів [19, 20]. З іншого боку, такий результат може свідчити і про травматичні пошкодження самих м'язів, що, як наслідок, зменшує кількість функціональних рухових одиниць і рівень їх синхронізації у сумарній М-відповіді [18, 19]. У зв'язку з цим успішне лікування порушення потребує з'ясування локалізації травми, що вимагає деяких додаткових обстежень. Виявлено

порівняне переважання значень резидуальної латентності в обстежуваних «патологічної групи» під час стимуляції у нижній третині плеча. Отже, час, який витрачався на поширення збудження по терміналях аксонів і його передачу на мембрани міозитів, у «патологічній» групі був більший, ніж у нормі. В умовах нашого експерименту збільшення тривалості латентного періоду М-відповіді в такій частині кінцівки може вказувати на найбільш типову локалізацію травматичного пошкодження в «патологічній» групі обстежуваних. Водночас наші результати узгоджуються з літературними відомостями [13, 15, 17] про те, що з віддаленням точки стимуляції нерва від м'яза, показники РЛ зростали, що простежували в обох групах. Така закономірність визначалася часом, необхідним для поширення збудження по нерву [7, 17]. Встановлено вищу швидкість поширення збудження по рухових нервових волокнах під час стимуляції м'язів *abductor digiti minimi* і *abductor pollicis brevis* на відрізках рухових нервів *n. medianus* і *n. ulnaris* зап'ясток/ліктьовий згин, зап'ясток/нижня третина плеча, ліктьовий згин/нижня третина плеча в обстежуваних «здорової групи» порівняно з «патологічною». Відомо, що швидкість поширення збудження по рухових нервових волокнах зменшується при демієлінізуючих процесах різної етіології [8, 11].

## ВИСНОВКИ

1. Порушення нервово-м'язового проведення посттравматичного генезу супроводжувалися нижчими амплітудами М-відповіді під час стимуляції м'язів *abductor digiti minimi* і *abductor pollicis brevis*, ніж такі у нормі.

2. Під час стимуляції у нижній третині плеча виявляли порівняне переважання значень резидуальної латентності М-відповіді м'язів *abductor digiti minimi* і *abductor pollicis brevis* в обстежуваних «патологічної групи».

3. Встановили вищу швидкість поширення збудження по рухових нервових волокнах під час стимуляції м'язів *abductor digiti minimi* і *abductor pollicis brevis* в обстежуваних «здорової групи» порівняно з «патологічною».

У подальшому ми плануємо зосередити увагу на визначенні конкретних критеріїв викликаної ЕМГ активності, що корелює з виникненням і перебігом нейропатій різної етіології: посттравматичної, нейрогенної, ішемічної тощо. Крім того, важливим є

визначення змін роботи м'язів контрлатеральної кінцівки відносно локалізації порушення. Актуальним є з'ясування ролі такого важливого біологічного фактору як стать обстежуваних на характер порушення нервово-м'язового проведення і, відповідно, нейроміографічні показники їх перебігу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Жулев, Н. М. (2005). Невропатии: руководство для врачей. Издательский дом СПбМАПО: СПб; 416 с.
2. Живолупов, С. А. (2000). Травматические поражения нервных стволов конечностей и сплетений (патогенез, клиника, диагностика и лечение): автореф. дисс. д-ра мед. наук. ВМедА: СПб; 43 с.
3. Ковражжина, Е. А. Аксональные полиневропатии: патогенез и лечение. *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*; 2013, 6, 22–25.
4. Campbell, W. W. Evaluation and management of peripheral nerve injury. *Clinical Neurophysiology*; 2008, 119, 1951–1965. doi: 10.1016 / j.clinph.2008.03.018
5. Kimura, J. (2001). *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: principles and practice*. Edition 3. Oxford University Press: New York; 991 p. doi: 10.1093/med/9780199738687.001.0001
6. Сивоус, Г. И.; Строчков, И. А.; Касаткина, Э. П. (2002). Диабетическая периферическая сенсорно-моторная полиневропатия у детей и подростков, нейрофизиология, патогенез, клиника, диагностика: пособие для врачей. Консальта: Москва; 27 с.
7. Лыкошина, Л. Е.; Шевелев, И. Н.; Тиссен, Т. П. Вызванные потенциалы в диагностике травматических повреждений плечевого сплетения. *Журнал нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко*; 1992, 2–3, 28–33.
8. Kempler, P. Treatment of neuropathies. *Orvosi Hetilap*; 2010, 151(2), 62–65. <https://doi.org/10.1556/ON.2010.28780>
9. Атман, О. В. (2015). Патафізіологія: підручник: у 2-х т. *Патафізіологія органів і систем*. Нова книга: Вінниця; 528 с.
10. Зенков, Л. Р.; Ронкин, М. А. (2004). *Функциональная диагностика нервных болезней: Руководство для врачей*. 3-е изд., перераб. и доп. МЕДпресс-информ: Москва; 488 с.
11. Robinson, A. J.; Kellogg, R. (2008) *Clinical electrophysiology: electrotherapy and electrophysiological testing*. 3 ed. Lippincott Williams & Wilkins: New York; 555 p.
12. Цымбалюк, В. И.; Могила, В. В.; Николас, Ж. И. Принципы хирургического лечения при травматических повреждениях срединного нерва на разных уровнях. *Український медичний часопис*; 2005, 3, 64–68.

13. Brown, W. F.; Bolton, C. F.; Aminoff, M. J. (2002). *Neuromuscular function and disease: basic, clinical and electrodiagnostic aspects*. WB Saunders Company: New York; 1–2, 2160 p.
14. Курінний, І. М. (2009). *Наслідки поліструктурної травми верхньої кінцівки та їх хірургічне лікування*: дис. д-ра мед. наук: 14.01.21 / ІГО АМНУ: Київ; 321 с.
15. Страфун, С. С.; Гайко, О. Г. *Діагностика та динаміка відновлення травматичного ушкодження променевого*. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*; 2009, 1, 20–26.
16. Капилевич, Л. В. (2005). *Методы функционально-диагностических исследований: учебное пособие*. СибГМУ: Томск; 2005, 154 с.
17. Николаев, С. Г. (2003). *Практикум по клинической электромиографии*. Иваново; 264 с.
18. Meigal, A. I.; Rissanen, S.; Tarvainen, M. P.; Karjalainen, P. A.; Iudina-Vassel, I. A.; Airaksinen, O.; Kankaanpää, M. Novel parameters of surface EMG in patients with parkinson's disease and healthy young and old controls. *Journal of Electromyography & Kinesiology*; 2008, 19 (3), 206–213. doi: 10.1016 / j.jelekin.2008.02.008.
19. Aminoff, M. J. Electrophysiologic testing for the diagnosis of peripheral nerve injuries. *Anesthesiology*; 2004, 100 (5), 1298–1303. doi: 10.1097 / 00000542-200405000-00034
20. Calabrò, R. S.; Cacciola, A.; Berté, F.; Manuli, A.; Leo, A. Robotic gait rehabilitation and substitution devices in neurological disorders: where are we now? *Neurological Sciences: Official Journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*; 2016, 37 (4), 503–514. doi: 10.1007 / s10072-016-2474-4