

УДК 617.57/.58:612.742:616-001-833

СТРАФУН С.С., ГАЙКО О.Г.

ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», м. Київ

КЛІНІКО-ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЧНІ СТАДІЇ ДЕНЕРВАЦІЙНО-РЕІННЕРВАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ У М'ЯЗАХ КІНЦІВОК ПРИ УШКОДЖЕННІ ПЕРИФЕРИЧНИХ НЕРВІВ

Резюме. У роботі наведені результати клінічного й електроміографічного обстежень у динаміці 151 хворого з тяжким ступенем аксонального ушкодження периферичних нервів кінцівок. На основі аналізу силових характеристик м'язів і даних електроміографії на етапах відновлення, функціонального результату лікування розроблені клініко-електроміографічні стадії денерваційно-реіннерваційного процесу, визначені прогностичні критерії формування ефективної й неефективної реіннервації м'язів.

Ключові слова: електроміографія, травма нерва, м'яз, денервація, реіннервація.

Відновлення функції м'яза при травматичному ушкодженні нерва залежить від багатьох факторів, основним із яких є тяжкість ушкодження [7, 14]. Тяжкий ступінь аксонального ушкодження нерва характеризується травмою та валлеровською дегенерацією практично всіх аксонів, що призводить до повної денервації та відсутності функції м'яза. Реіннервація м'яза у цьому випадку можлива тільки за рахунок регенерації аксонів із місця ушкодження та триває від 2 до 18 місяців [14]. Функціональний результат після такої травми нерва може бути задовільним із повним відновленням функції м'яза та незадовільним у вигляді відсутності або часткового відновлення. Діагностику такого пошкодження та динаміку відновного процесу можна оцінити за допомогою електроміографії [5, 7, 14].

Зміни електроміографічних показників при травматичному ушкодженні нервів та їх відновленні в літературі висвітлюються в загальних рисах [6, 7, 9, 15, 16]. Визначення електроміографічних критеріїв ефективності реіннервації м'язів після хірургічного лікування хворих із травмою плечового сплетення, розроблені групою українських дослідників, привели до значного прориву у вивченні цього процесу [5]. Однак залишається чимало невирішених питань щодо прогностичної значимості клінічних та електроміографічних показників у визначенні перебігу відновного (реіннерваційного) процесу у м'язах.

Метою нашої роботи було встановлення змін електроміографічних показників (активності введення, спонтанної активності, параметрів потенціалів рухових одиниць, показників інтерференційної електроміограми (ЕМГ), амплітуди моторної відповіді м'язів), на основі визначених параметрів — розробка клініко-електроміографічних стадій денерваційно-реіннерваційного процесу та визначення прогностичних

критеріїв формування ефективної або неефективної реіннервації у м'язах хворих із тяжким ступенем аксонального ушкодження периферичних нервів.

Матеріал та методи дослідження

Клінічне спостереження в динаміці та комплексне електроміографічне дослідження на етапах відновлення було проведено у 151 хворого з тяжким ступенем аксонального ушкодження нервів верхньої та нижньої кінцівки: 50 — із травмою плечового сплетення, 38 — променевого нерва, 16 — сідничного нерва, 16 — маломілкового нерва, 13 — пахового нерва, 9 — з ізольованим ушкодженням середнього чи ліктьового нервів, 9 — із множинними ушкодженнями нервових стовбурів. На етапах дослідження 80 (53 %) пацієнтів були прооперовані на нервових стовбурах один або декілька разів, 71 (47 %) — лікувалися консервативно. Середній вік пацієнтів становив $35,0 \pm 15,9$ року, серед них було 110 (72,8 %) осіб чоловічої та 41 (27,2 %) особа жіночої статі. Загалом обстежено понад 1000 м'язів. Дослідження проводили в різний термін: від 2 тижнів до 14 років після травми.

Клінічне обстеження проводили за стандартною методикою з мануальним тестуванням м'язів кінцівки та визначенням функції за 5-бальною шкалою (M0–5). Визначали передбачуваний розрахунковий термін реіннервації м'яза (РТРм) за формулою:

$$РТРм = L/S,$$

де L — відстань від місця травми нерва до м'яза, мм; S — швидкість регенерації аксонів, мм/добу (в середньому 1 мм/добу).

Електронейромиографічне дослідження проводили на електромиографі Neuroscreen (Німеччина) та Viking

Quest (США). Використовували стандартні параметри стимуляції та відведення [2].

За стандартними методиками проводили стимуляційну електроміографію з дослідженням швидкості проведення імпульсу по нервах кінцівок і викликаній моторній відповіді м'яза (М-відповідь) [10]. Оцінювали амплітуду максимальної М-відповіді (від ізоїнії до негативного піку) та порівнювали з аналогічним показником інтактного м'яза контралатеральної кінцівки, який брали за норму (М-відповідь, % норми).

Голкову електроміографію м'язів проводили послідовно в 4 режимах реєстрації. Використовували концентричні голкові електроди.

Режим введення голкового електрода. Введення голкового електрода в м'яз, механічне подразнення чи пошкодження м'язових волокон викликає електричну активність у вигляді групи потенціалів (негативних та позитивних спайків) [9, 11, 17]. Оцінювали тривалість АВ (мс), яку вимірювали від початку відхилення сигналу від осової (нульової) лінії до його повного повернення до неї. АВ обчислювали в абсолютних значеннях (АВ, мс) та у відсотковому відношенні до показника інтактного м'яза контралатеральної кінцівки, яку ми брали за норму — АВ % норми (АВ %н) [1].

Режим спокою м'яза. За нормою після введення й остаточної установки електрода в м'язі не визначається ніяка патологічна активність. При аксональному ушкодженні реєструється спонтанна активність (СА) у вигляді потенціалів фібриляцій (ПФ), позитивних гострих хвиль (ПГХ). Оцінку інтенсивності СА проводили з використанням шкали напівкількісної градації ПФ та ПГХ [11, 13]: 0 — потенціали відсутні; 1+ — поодинокі потенціали реєструються протягом 2–3 секунд та більше, як мінімум у 2 точках; 2+ — помірна кількість потенціалів реєструється в 3 точках чи більше; 3+ — багато потенціалів у всіх точках; 4+ — інтерференційний патерн (виділити окремо більшість потенціалів практично неможливо).

Режим мінімального напруження м'яза. За нормою при мінімальному скороченні м'яза починають реєструватися потенціали рухових одиниць (ПРО). Дослідження та аналіз параметрів ПРО (амплітуди, тривалості та форми потенціалу) проводили за стандартною методикою [2]. За нормою амплітуда потенціалів в усіх м'язах коливається від 200 до 1000 мкВ, а кількість фаз не перевищує 4 [2]. У більшості здорових м'язів кількість поліфазних потенціалів перебуває в межах 5–10 % [2, 13]. Отримані показники тривалості ПРО в ураженому м'язі порівнювали з табличними даними середніх величин тривалості ПРО здорових людей залежно від м'яза та віку і визначали відносний показник (% норми) [2]. За нормою тривалість одного ПРО відрізняється від цих значень не більше ніж на $\pm 30\%$, середня тривалість 20 ПРО при кількісному аналізі — не більше ніж на $\pm 13\%$ [2].

Режим максимального довільного скорочення м'яза. За нормою при максимальному скороченні м'яза, коли активуються практично всі рухові одиниці (РО), ПРО слідує один за одним настільки часто, що починають

взаємно накладатися один на одного і формують насичений інтерференційний патерн, при якому неможливо виділити окремі потенціали. Використовували візуальну та кількісну оцінку патерну інтерференційної ЕМГ. Візуальну оцінку проводили згідно з напівкількісною класифікацією [2]. Кількісну оцінку проводили з визначенням таких показників турно-амплітудного аналізу [12]:

- активність, мс/с (Activity);
- середня амплітуда турна, мкВ (А/Т).

Активність являє собою міру «щільності» та «насиченості» інтерференційного патерну, тобто час у межах 1 секунди, протягом якого реєструються ПРО. Активність залежить від сили скорочення м'яза, тобто прямопропорційна ступеню зусилля, що розвиває м'яз. Тільки при загальній активності понад 500 мс/с інтерференційний патерн розглядається як «насичений». Активність 500–1000 мс/с спостерігається у клінічно здорових м'язах.

Результати дослідження

Аналіз клініко-електроміографічного обстеження хворих у динаміці визначив три кінцеві результати денерваційного процесу. У зв'язку з цим усі хворі були розподілені на 3 групи. До 1-ї групи увійшли хворі, в яких реіннервація м'язів закінчилася корисним відновленням функції до М3 та вище (ефективна реіннервація). До 2-ї групи віднесли хворих, у яких реіннервація м'язів закінчилася частковим відновленням функції до М1–2 або відсутністю функції (М0), але з виявленими електроміографічно ознаками реіннервації. До 3-ї групи включили хворих, у яких реіннервація м'яза взагалі не відбулася (М0). Відновлення функції м'яза у хворих 1-ї та 2-ї груп мало свої особливості як у плані терміну, так і направленості змін електроміографічних показників. На основі аналізу клініко-електроміографічної динаміки нами виділено 5 стадій денерваційно-реіннерваційного процесу, головним критерієм оцінки яких була клінічна функція м'яза.

Стадія денервації у хворих усіх груп характеризувалася відсутністю функції м'яза (М0) та ознак довільної активності (відсутність ПРО при спробі скорочення м'яза). У повністю денервованих м'язах із давністю травми нерва до 6 місяців у більшості випадків реєстрували досить виражену СА (ПФ та ПГХ 3–4+). При давній травмі нерва (понад 12–18 місяців) спостерігали чітке візуальне зменшення вираженості СА та суттєве зниження їх амплітуди, а в термін понад 24 місяці після травми спонтанної активності у деяких м'язах вже не було або реєструвалися поодинокі потенціали (1+). Основним кількісним критерієм оцінки глибини та давності денерваційних процесів була АВ. При аналізі АВ м'язів із клініко-електроміографічними ознаками повної денервації була встановлена вірогідна, середньої сили кореляційна залежність АВ від термінів після травми ($r = -0,6$), тобто тривалість АВ прогресивно зменшувалася зі збільшенням давності денерваційного процесу [1]. Тривала денервація призводить до атрофії м'язових волокон та збільшення відсотка спо-

лучної тканини у м'язі, зменшення кількості збудливих МВ, що генерують АВ [8, 16]. Виявлене поступове зниження АВ зі збільшенням давності денерваційного процесу характеризувало наростаючі дегенеративно-дистрофічні (атрофічні) зміни м'язових волокон та фіброзування м'яза [16, 17]. Аналіз середнього значення АВ у різний термін після травми (до 6, 6–12 та понад 12 місяців) показав, що зниження АВ %н різного ступеня вираженості спостерігалось в м'язах усіх хворих від 6-го до 12-го місяця після травми ($p < 0,05$), досягаючи в деяких м'язах значень 50–60 % норми [1]. У м'язах хворих 1-ї та 2-ї груп при активному перебігу реіннерваційного процесу АВ %н суттєво не зменшувалась в динаміці. В той же час у м'язах хворих 3-ї групи, де відновлення не відбувалося, АВ прогресивно зменшувалась з вірогідним зниженням показника в динаміці ($p < 0,05$). При АВ у межах 50–60 % норми ще спостерігали поодинокі випадки ефективного чи неефективного відновлення функції м'яза, а при АВ менше 50 % норми в жодному спостереженні в подальшому ми не реєстрували відновлення функції [1].

При виконанні стимуляційної ЕМГ на цій стадії М-відповідь м'язів не реєструвалася або її амплітуда була різко зменшена, в більшості випадків до 100–200 мкВ. Середня амплітуда всіх зареєстрованих М-відповідей становила $4,2 \pm 2,1$ % норми. При стимуляції нерва у точках, де проходить декілька нервових стовбурів, наприклад у надключичній ділянці (точка Ерба), у деяких випадках отримували М-відповідь м'язів плеча чи передпліччя, амплітуда якої іноді могла досягати 700–1500 мкВ. Наші результати співпадають з даними інших авторів, які вказують, що при стимуляції в таких точках є висока ймовірність отримання хибно-позитивної М-відповіді, пов'язаної зі збудженням поряд розташованих неуразених м'язів, що іннервуються іншим нервом [3, 4]. Тому проведення голкової ЕМГ було обов'язковим та вкрай необхідним для діагностики тяжкості ушкодження нерва. Наявність спонтанної активності, відсутність ПРО при спробі активного скорочення м'яза у термін 4–6 тижнів після травми свідчили про тяжкий ступінь аксонального ушкодження нервового стовбура.

У хворих 1-ї та 2-ї груп стадія денервації переходила з часом у стадію реіннервації, що відрізнялися за силовими характеристиками м'яза, терміном після травми (або оперативного втручання на нерві) та значеннями електроміографічних показників.

Початкова стадія реіннервації у м'язах хворих 1-ї та 2-ї груп характеризувалася реєстрацією ознак реіннервації у вигляді потенціалів, що зароджуються (nascent potentials). Термін появи цих потенціалів коливався від 2 до 14 місяців (залежно від рівня травми нерва, відстані до обстежуваного м'яза, методу лікування). Функція на цьому етапі була відсутня (M0) або в поодиноких випадках пальпаторно відчували деяке скорочення м'яза (M1). У більшості випадків симптом Тінеля був позитивним, і у багатьох хворих з'являлася боліючість м'язів при пальпації. Вираженість спонтанної активності залишалася без суттєвих змін або

незначно зменшувалася, в переважній більшості була в межах 3+. При спробі довільних рухів у м'язах реєстрували низькоамплітудні (50–200 мкВ) нестабільні поліфазні ПРО, в більшості випадків зменшеної або нормальної тривалості — потенціали, що зароджуються. Така ЕМГ-картина характеризувала початкові процеси відновлення функції нерва за рахунок регенерації аксонів із місця ушкодження нервового стовбура [13, 15]. Поява таких потенціалів відображала, по суті, відродження рухових одиниць унаслідок регенерації аксона та поновлення його контролю над денервованими МВ. У цілому параметри ПРО на цій стадії відображали реіннервацію аксоном невеликої кількості м'язових волокон, десинхронізацію їх потенціалів, пов'язану з низькою швидкістю проведення імпульсу по незрілих слабомієлінізованих нервових терміналях. Амплітуда М-відповіді залишалася в динаміці без суттєвих змін. Середня амплітуда всіх зареєстрованих М-відповідей становила $5,5 \pm 3,5$ % норми.

Виявити початкову стадію реіннервації у м'язі вдалося не завжди, оскільки вона є досить короткотривалою.

У більшості випадків при дослідженні в динаміці хворих 1-ї та 2-ї групи після стадії денервації реєстрували одразу стадію ранньої реіннервації.

Стадія ранньої реіннервації характеризувалася чіткими ознаками активного перебігу реіннерваційного процесу у вигляді реєстрації вже значно більшої кількості ПРО, якісними змінами їх параметрів та прогресивного зростання функції м'яза до M1–2. У більшості випадків на цій стадії не вдалося виділити 20 ПРО в досліджуваному м'язі, що було пов'язано з такими причинами: 1) кількість ПРО була ще досить невеликою, особливо при функції м'яза M1; 2) більшість хворих не вдалося зробити та утримати мінімальне напруження м'яза, слабкий атрофований м'яз працював за типом «все або нічого», в активність залучалися практично всі ПРО, що ускладнювало виділення окремих потенціалів. Вираженість СА в динаміці візуально зменшувалася (2–3+).

При спробі довільного скорочення реєстрували потенціали як зниженої, нормальної, так і збільшеної тривалості. Амплітуда потенціалів суттєво збільшувалася в динаміці. Середня тривалість всіх проаналізованих ПРО на цій стадії становила 99 ± 30 % норми, середня амплітуда — 629 ± 274 мкВ, кількість поліфазних та псевдополіфазних потенціалів була значно збільшеною, в середньому поліфазні ПРО становили 61 ± 23 % (табл. 1). Гістограма розподілу за тривалістю всіх вивчених ПРО на цій стадії була розтягнутою за рахунок збільшеної кількості потенціалів «аномальної» (зменшеної та збільшеної) тривалості, при цьому максимум величин знаходився на стороні нормальної тривалості потенціалів (70–130 % норми) (рис. 1). На цій стадії, як і на попередній, більшість ПРО були поліфазними та нестабільними, що можна було виявити навіть за допомогою рутинної голкової ЕМГ. У міру прогресування реіннерваційного процесу амплітуда та тривалість ПРО збільшувалися в динаміці, відобра-

Таблиця 1. ЕМГ-показники на різних стадіях денерваційно-реіннерваційного процесу у м'язах хворих із тяжким ступенем аксонального ушкодження нервів

Стадія	Функція м'яза, М0–5	Параметри ПРО на стадії (M ± SD)			Показники інтерференційної ЕМГ (M ± SD)				Середня амплітуда М-відповіді, % норми
		Середня тривалість, % норми	Середня амплітуда, мкВ	Поліфазія, %	Активність, мс	Норма	Амплітуда, мкВ	Норма	
Стадія денервації	0	ПРО відсутні			#	-	#	-	Відсутня 4,2 ± 2,1
Початкова стадія реіннервації	0–1	ПРО, що зароджуються			#	-	#	-	Відсутня 5,5 ± 3,5
Стадія ранньої реіннервації	1–2	99 ± 30	629 ± 274	61 ± 23	189 ± 80	624 ± 82	384 ± 143	690 ± 145	17,1 ± 9,8
Стадія неефективної реіннервації	0–2	137 ± 39	1779 ± 1322	58 ± 26	194 ± 92**	633 ± 84	551 ± 301	804 ± 252	21,9 ± 12,0**
Стадія ефективної реіннервації	3–4	117 ± 30	1032 ± 531	58 ± 18	478 ± 129*	667 ± 117	640 ± 260	747 ± 222	56,2 ± 20,6*

Примітки: * — $p < 0,01$ щодо показника активності на стадії ранньої реіннервації; ** — $p > 0,05$ щодо показника активності на стадії ранньої реіннервації; # — відсутні; «-» — дослідження не проводились.

жаючи реорганізацію рухових одиниць, відновлення аксоном нервового контролю над більшою кількістю м'язових волокон.

Аналіз тривалості ПРО у прооперованих та неоперованих хворих показав, що середня тривалість ПРО у неоперованих становила $88 \pm 13 \%$, а в оперованих — $121 \pm 24 \%$. На нашу думку, такі зміни тривалості потенціалів у м'язах прооперованих пацієнтів відображали нерівномірну за часом регенерацію аксонів. Формування компенсаторної реіннервації за рахунок спраунтингу аксонів, що регенерували на момент дослідження, призводило до більшого «укрупнення» ПРО.

Максимальне довільне скорочення ураженого м'яза зростало динамічно у порівняно з попередньою стадією, реєстрували дискретний (при М1) та редукований (при М2) патерн інтерференційної ЕМГ. Значення показників активності та амплітуди інтерференційної ЕМГ у середньому становили 189 ± 80 мс/с та 384 ± 143 мкВ відповідно (табл. 1). Амплітуда М-відповіді при стимуляції нервів ще залишалася значно зменшеною в усіх м'язах (у деяких м'язах збільшувалася в динаміці, у деяких — ні), у середньому становила $17,1 \pm 9,8 \%$ норми.

При продовженні процесів відновлення у м'язах хворих 1-ї групи реєстрували **стадію ефективної реіннервації**. Функція м'яза збільшувалася до М3–4, тобто досягалася корисна сила скорочення. У більшості випадків на початку стадії ще продовжували виявляти ПФ та ПГХ до 1–2+. Із часом, при прогресуванні відновних процесів, спонтанна активність зменшувалася до поодиноких ПФ та ПГХ і зникла. Кількість зареєстрованих ПРО при довільному скороченні м'яза значно зростала в динаміці. Переважали поліфазні та псевдополіфазні потенціали нормальної та збільшеної тривалості. Середня тривалість усіх вивчених ПРО на цій стадії становила $117 \pm 30 \%$ норми, середня амплітуда — 1032 ± 531 мкВ. У всіх м'язах кількість поліфазних потенціалів ще залишалася значно збільшеною, в середньому становила $58 \pm 18 \%$. Збереження СА та реєстрація нестабільних поліфазних ПРО в деяких м'язах із функцією М3 свідчила, що процеси відновлення ще не закінчені і реіннервація м'яза триває.

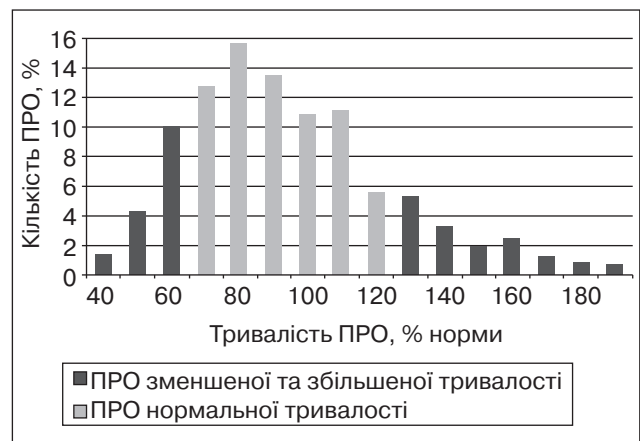


Рисунок 1. Гістограма розподілу ПРО за тривалістю на стадії ранньої реіннервації

Гістограма розподілу ПРО за тривалістю на цій стадії відрізнялася від нормальної своїм переважним розташуванням значень на стороні нормальних величин (70–130 % норми) та збільшеної тривалості потенціалів (рис. 2).

Максимальне довільне скорочення ураженого м'яза суттєво зростало в динаміці, у більшості випадків реєстрували патерн повністю насиченої ЕМГ. Значення показника активності та амплітуди інтерференційної ЕМГ у середньому становили 478 ± 129 мс/с та 640 ± 260 мкВ відповідно (табл. 1). Значення показника активності було вірогідно більшим ($p < 0,01$) за відповідне значення на попередній стадії.

Амплітуда М-відповіді при стимуляції нервів хоча і зростала в динаміці, але залишалася ще в багатьох випадках досить зменшеною. Значення амплітуди в середньому становило $56,2 \pm 20,6$ % норми та було вірогідно більшим за значення на стадії ранньої реіннервації ($p < 0,01$).

У м'язах хворих 2-ї групи початкова стадія, стадія ранньої реіннервації переходили з часом у **стадію неекфективної реіннервації**, що характеризувалася неповноцінним відновленням м'яза з кінцевим функціональним результатом М0–2, тобто відсутністю досягнення корисної сили скорочення м'яза.

У більшості випадків спонтанну активність ще довгий час (1–3 роки) реєстрували в межах 1–2+, а іноді й 3+. Із часом СА зменшувалася як за кількістю, так і за амплітудою потенціалів. У більш пізні терміни СА зникла, але у поодиноких випадках ПФ та ПГХ виявляли навіть у термін, що перевищував 5 років після травми. Кількість ПРО у м'язах була значно зменшеною, особливо при функції М1, а при М0 у м'язі реєстрували лише поодинокі потенціали. Переважали потенціали нормальної та збільшеної тривалості. Середня тривалість усіх зивчених ПРО на цій стадії становила 137 ± 39 % норми, середня амплітуда — 1779 ± 1322 мкВ, при цьому середня амплітуда в кожному окремому випадку коливалася від 600 до 6000 мкВ. Звертав на себе увагу великий розкид значень як амплітуди, так і тривалості ПРО. Гістограма розподілу ПРО за тривалістю відрізнялася від нормальної значною дискретністю та

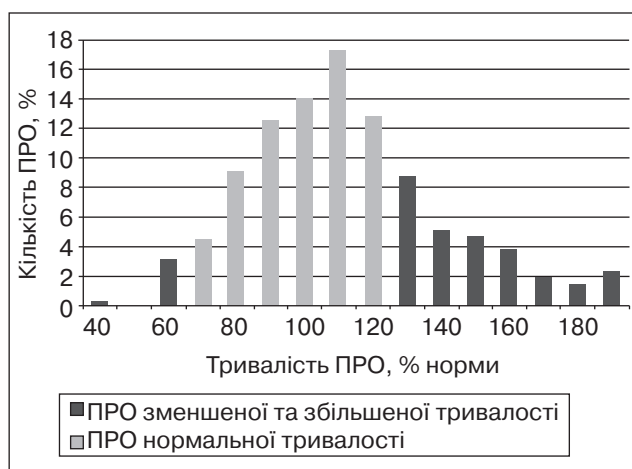


Рисунок 2. Гістограма розподілу ПРО за тривалістю на стадії ефективної реіннервації

переважним розташуванням ПРО на стороні нормальних та збільшених за тривалістю потенціалів (рис. 3). Кількість поліфазних потенціалів на початку була значно збільшеною, але прогресивно зменшувалася зі збільшенням давності денерваційного процесу. Така ж тенденція до нормалізації спостерігалася і з показником тривалості. У термін, що перевищував 2–5 років після травми, в більшості випадків реєстрували 3-фазні потенціали нормальної або збільшеної амплітуди та середньої тривалості. На нашу думку, такі параметри ПРО відображали завершення реорганізації рухових одиниць та, відповідно, реіннерваційних процесів.

Максимальне довільне скорочення м'язів суттєво не змінювалося порівняно з попередньою стадією. Значення показника активності інтерференційної ЕМГ у середньому становило 194 ± 92 мс/с та вірогідно ($p > 0,05$) не відрізнялося від значення на стадії ранньої реіннервації (табл. 1). При цьому значення амплітуди інтерференційної ЕМГ у середньому становило 551 ± 301 мкВ та було вірогідно більшим за значення на попередній стадії ($p < 0,01$). У 4 випадках хоча і відмічали досить суттєву позитивну клініко-електроміографічну динаміку у часі, однак вона була сповільненою і в кінцевому підсумку не призводила до відновлення повноцінної корисної сили скорочення м'яза, функція оцінювалася як М2–3.

У більшості випадків амплітуда М-відповіді при стимуляції нервів суттєво не змінювалася або незначно зростала в динаміці. Середня амплітуда на цій стадії становила $21,9 \pm 12,0$ % норми.

Таким чином, на основі даних обстеження хворих із тяжким ступенем аксонального ушкодження нервів у динаміці виділені 5 клініко-електроміографічних стадій денерваційно-реіннерваційного процесу у м'язах. В основу визначення стадій відновного процесу покладено часову послідовність клініко-електроміографічних змін та функціональний результат відновлення м'яза на відповідній стадії.

Ефективна реіннервація характеризується появою початкових електроміографічних ознак реіннервації у передбачуваний або незначно перевищений РТрм, своєчасним переходом стадії ранньої реіннервації у стадію ефективної, поступовим відновленням функ-

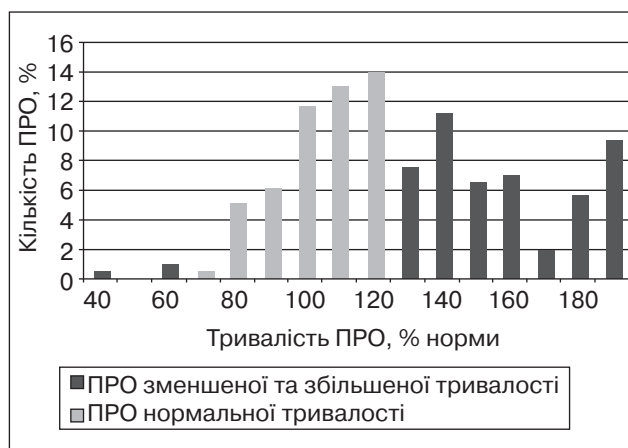


Рисунок 3. Гістограма розподілу ПРО за тривалістю на стадії неефективної реіннервації

ції м'яза до М3 та вище. Неефективна реіннервація характеризується затримкою появи початкових електроміографічних ознак та/або переходом початкової стадії, стадії ранньої реіннервації у стадію неефективної, частковим відновленням функції м'яза до М1–2 у термін, що значно перевищує РТРм. До неефективної реіннервації зараховували також випадки з функцією м'яза М0, але виявленими електроміографічними ознаками часткової реіннервації.

За даними результатів електроміографічних досліджень, найбільш інформативною методикою для визначення динаміки денерваційного процесу, особливо на ранніх стадіях денерваційно-реіннерваційного процесу, є голкова електроміографія. Об'єктивним кількісним показником прогресування відновного процесу та наростання силових характеристик м'яза є збільшення показника активності інтерференційної ЕМГ при максимальному довільному скороченні м'яза. Виявлено високий ступінь зв'язку цього показника із бальною оцінкою функції м'яза ($r = 0,90$; $p < 0,01$).

Перші дві стадії денерваційно-реіннерваційного процесу у хворих 1-ї та 2-ї груп перебігають майже однаково, і тільки перехід початкової стадії та стадії ранньої реіннервації до наступної визначає кінцевий результат відновлення.

Час появи перших електроміографічних ознак реіннервації залежить від відстані місця травми нерва до м'яза, терміну та виду оперативного втручання (невроліз, шов, пластика). Співвідношення РТРм і терміну появи перших електроміографічних ознак відновлення у м'язах хворих 1-ї групи з ефективною реіннервацією становить $1,1 \pm 0,3$ при консервативному лікуванні та $1,3 \pm 0,4$ при оперативному лікуванні. Як видно, діапазон значень включає в обох випадках як випередження РТРм, так і перевищення його. Поява перших ЕМГ-ознак реіннервації, що випереджають РТРм, характерна для хворих із самостійним відновленням після консервативного лікування або невролізу нервових стовбурів. Це можна пояснити багатьма причинами, але основною, на нашу думку, є існування девіації терміну регенерації аксонів (від 1 до 4, а іноді до 8 мм/день) [14]. У наших дослідженнях, враховуючи наявність у більшості випадків поліструктурної травми кінцівки, швидкість регенерації приймали в середньому за 1 мм/добу. Збільшення цього співвідношення пов'язане з запізненням появи перших ознак відновлення у пацієнтів після пластики чи шва нервових стовбурів, але не більше ніж у 2 рази (1,4–1,9). Наприклад, у хворих із ушкодженням променевого нерва на рівні середньої або нижньої третини плеча, які лікувалися консервативно, початкову стадію або стадію ранньої реіннервації реєстрували в м'язах розгиначів пальців та кисті в термін від 3 до 5 місяців після травми; у той час як у більшості хворих із таким же рівнем ушкодження після шва чи пластики нервового стовбура — від 5 до 8 місяців після оперативного втручання. Перевищення РТРм у прооперованих хворих необхідно враховувати при прогнозуванні реіннерваційного процесу. Тільки в одному випадку ми виявили перевищення РТРм у 2,1 рази у хворого 1-ї групи

з поліструктурною травмою на рівні нижньої третини передпліччя, що можна було пояснити неодноразовими оперативними втручаннями на ліктьовому нерві (шов та пластика).

Співвідношення РТРм і терміну появи перших електроміографічних ознак реіннервації у м'язах хворих 2-ї групи з неефективною реіннервацією становить у середньому $1,9 \pm 1,0$. У частини хворих перші електроміографічні ознаки реіннервації реєстрували у термін, що трохи випереджав, відповідав або незначно перевищував РТРм, в інших — у термін, що значно перевищував РТРм — у 2 рази та більше (2,1–3,6). Збільшення (в 2 рази та більше) терміну появи початкових ознак реіннервації у частини хворих є першою прогностично несприятливою ознакою формування неефективної реіннервації м'яза.

У хворих 1-ї групи з ефективною реіннервацією перехід початкової стадії у стадію ранньої реіннервації та зростання функції до М1–2 становить у середньому $1,64 \pm 0,60$ місяця. У більшості випадків реєстрація початкових ознак реіннервації випереджає перші клінічні прояви відновлення функції м'яза на 4–8 тижнів. Термін переходу стадії ранньої реіннервації в стадію ефективною у хворих цієї ж групи становить 1–5 місяців, у середньому — $2,0 \pm 0,8$ місяця у хворих із самостійним відновленням після консервативного лікування та $3,8 \pm 1,0$ місяця — після оперативного втручання на нервових стовбурах. Саме значне перевищення цього терміну, відсутність суттєвого зростання значення показника активності інтерференційної ЕМГ та амплітуди М-відповіді, при значному збільшенні амплітуди та тривалості ПРО у м'язах хворих 2-ї групи, є другою прогностично несприятливою ознакою формування неефективної реіннервації м'яза.

Таким чином, чітке розмежування представлених стадій, визначення шляху реіннерваційного процесу (ефективного чи неефективного) можливе тільки за умови динамічного спостереження хворого з урахуванням рівня та тяжкості травми, виду та часу оперативного втручання на нервовому стовбурі, передбачуваного розрахункового терміну реіннервації м'яза. Стадії денерваційно-реіннерваційного процесу формують клінічне уявлення про динаміку відновного процесу і в більшості випадків дозволяють прогнозувати його перебіг.

Висновки

1. На основі аналізу динаміки відновлення функції м'язів у хворих із тяжким ступенем аксонального ушкодження периферичних нервів виділені 5 клініко-електроміографічних стадій денерваційно-реіннерваційного процесу.

2. На підставі аналізу розрахункового терміну реіннервації м'яза, терміну появи перших електроміографічних та клінічних ознак реіннервації, характеру перебігу та часової послідовності переходу стадій денерваційно-реіннерваційного процесу визначено особливості перебігу ефективною та неефективною реіннервації м'язів.

3. Прогностично несприятливими електроміографічними ознаками формування неефективної реін-

нервації м'яза є зниження активності введення < 60 % норми, значне збільшення (у 2 рази та більше) терміну появи початкових ознак реіннервації та/або затримка переходу стадії ранньої реіннервації у стадію ефективної понад 5 місяців за відсутності суттєвого зростання показника активності інтерференційної ЕМГ та амплітуди М-відповіді, значного збільшення амплітуди та тривалості потенціалів рухових одиниць у такий термін.

Список літератури

1. Гайко О.Г. Електроміографічна активність введення у м'язи за нормою та при травмі нерва / О.Г. Гайко // Вісник ортопедії, травматології та протезування. — 2012. — № 2. — С. 37-43.
2. Гехт Б.М. Электромиография в диагностике нервно-мышечных заболеваний / Б.М. Гехт, Л.Ф. Касаткина, М.И. Самойлов, А.Г. Санадзе. — Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1997. — 370 с.
3. Николаев С.Г. Атлас по электромиографии / С.Г. Николаев. — Иваново: ИПК «ПресСто», 2010. — 468 с.
4. Кхир Б.М. Комплексная диагностика и оптимальный подход к лечению травматических поврежденных лучевого нерва: Автореф. дис... канд. мед. наук: спец. 14.00.22, 14.00.51 «травматология и ортопедия», «восстановительная медицина, лечебная физкультура и спортивная медицина, курортология и физиотерапия» / Б.М. Кхир. — ФГУ «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии». — М., 2009. — 141 с.
5. Цимбалюк В.І. Електроміографічні критерії ефективності реіннервації після хірургічного лікування хворих з травмою плечевого сплетення / В.І. Цимбалюк, Л.Л. Чеботарьова, С.С. Страфун та ін. // Бюлетень УАН. — 1998. — № 4. — С. 87-92.
6. Ball R.D. Electrodiagnostic evaluation of the peripheral nervous system / R.D. Ball // Physical medicine and rehabilitation: principles and practice / J.A. DeLisa, B.M. Gans, N.E. Walsh. — Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2005. — 4th edition. — Vol. 1. — P. 61-105.
7. Campbell W.W. Evaluation and management of peripheral nerve injury / W.W. Campbell // J. Clinical Neurophysiology. — 2008. — Vol. 119. — Issue 9. — P. 1951-1965.
8. Chan K.M. Needle EMG abnormalities in neurogenic and muscle diseases / K.M. Chan // Clinical neurophysiology and neuromuscular diseases / W.F. Brown, C.F. Bolton, M.J. Aminoff — Philadelphia: W.B. Saunders, 2002. — P. 359-368.
9. Kimura J. Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscles: principles and practice / J. Kimura. — N.Y.: Oxford University Press, 2001. — 3 edition. — 991 p.
10. Liveson J.A. Laboratory reference for clinical neurophysiology / J.A. Liveson, D.M. Ma. — N.Y.: Oxford University Press, 1992. — 513 p.
11. Misra U.K. Clinical neurophysiology / U.K. Misra, J. Kalita. — N.D.: Elsevier, 2006. — 2 edition. — 464 p.
12. Nandekar S. Automatic analysis of the electromyographic interference pattern. Part I: Development of quantitative features / S. Nandekar, D. Sanders, E. Stalberg // Muscle and Nerve. — 1986. — Vol. 9. — P. 431-439.
13. Preston D.C. Needle electromyography fundamentals, normal and abnormal patterns / D.C. Preston, B.E. Shapiro // J. Neurol. Clin. North Am. — 2002. — Vol. 20. — P. 361-396.
14. Quan D. Nerve conduction studies and electromyography in the evaluation of peripheral nerve injuries / D. Quan, S. Bird // UPOJ. — 1999. — Vol. 12. — P. 45-51.
15. Rayegani M.S., Roghani R.S. Electrodiagnostic medicine consultation in peripheral nerve disorders // Basic principles of peripheral nerve disorders / M.S. Rayegani. — In-Tech, 2012. — 278 p.
16. Robinson A.J., Kellogg R. Clinical electrophysiologic assessment / Clinical electrophysiology: electrotherapy and electrophysiological testing / A.J. Robinson, L. Snyder-Mackler. — B.: Lippincott Williams and Wilkins, 1995. — 2 edition. — P. 359-433.
17. Ross M.A. Electromyography / M.A. Ross // The pediatric spine: principles and practice / S.L. Weinstein. — N.Y.: Raven Press, 1994. — P. 1181-1199.

Отримано 11.11.12 □

Страфун С.С., Гайко О.Г.

ГУ «Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины», г. Киев

КЛИНИКО-ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИЕ СТАДИИ ДЕНЕРВАЦИОННО-РЕИННЕРВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА В МЫШЦАХ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ КОНЕЧНОСТЕЙ

Резюме. В работе представлены результаты клинического и электромиографического обследований в динамике 151 больного с тяжелой степенью аксонального повреждения периферических нервов конечностей. На основе анализа силовых характеристик мышц и данных электромиографии на этапах восстановления, функционального результата лечения разработаны клинико-электромиографические стадии денервационно-реиннервационного процесса, определены прогностические критерии формирования эффективной и неэффективной реиннервации мышц.

Ключевые слова: электромиография, травма нерва, мышца, денервация, реиннервация.

Strafun S.S., Gayko O.G.

State Institution «Institute of Traumatology and Orthopedics of National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine

CLINICAL AND ELECTROMYOGRAPHIC STAGES OF DENERVATION AND REINNERVATION PROCESS IN MUSCLES IN PERIPHERAL NERVE INJURES OF THE LIMBS

Summary. This paper presents the results of clinical and electromyographic study of 151 patients with severe axonal damage of peripheral nerves of the limbs. Based on the analysis of the muscles power, electromyography data in the dynamics and functional outcome of treatment, the clinical and electromyographic stages of denervation and reinnervation process were developed, prognostic criteria for the formation of effective and ineffective muscle reinnervation identified.

Key words: electromyography, nerve injury, muscle, denervation, reinnervation.