

СОНОГРАФІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ М'ЯЗІВ У ХВОРИХ З НАСЛІДКАМИ ТРАВМИ ПЕРИФЕРИЧНИХ НЕРВІВ

О. Г. Гайко, С. С. Страфун, В. В. Гайович, Г. Я. Вовченко
ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", м. Київ

SONOGRAPHIC INVESTIGATION OF MUSCLES IN PATIENTS WITH SEQUENCES OF PERIPHERAL NERVES INJURY

O. G. Gayko, S.S. Strafun, V. V. Gayovich, G. Y. Vovchenko

The investigation results of 130 patients with peripheral nerves injury of the upper and lower extremity have been presented. Ultrasonic investigation of muscles has been carried out for all patients including visual estimate of the structure and quantitative estimate of the muscles thickness, their contraction and echodensity.

Increase of hypotrophy and muscles echodensity proceeds irregularly for a period of denervative process. Changes of these parameters in the groups of patients with irreversible denervation and reinnervation processes in muscles have various degree and direction. Optimum prognostic levels of echodensity coefficient and degree of hypotrophy have been determined, that allowed to choose patients with favorable and unfavorable prognosis for muscle function restoration.

Key words: traumatic nerve injury, sonographic muscles investigation, muscle hypotrophy, echogenicity, echodensity.

СОНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЫШЦ У БОЛЬНЫХ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ТРАВМЫ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ

О. Г. Гайко, С. С. Страфун, В. В. Гайович, А. Я. Вовченко

Представлено результаты исследования 130 пациентов с травмой периферических нервов верхней и нижней конечности, которым выполнено ультразвуковое исследование мышц, визуальную оценку структуры и количественную оценку толщины мышц, их сокращаемости и эхоплотности.

Изменения этих показателей в группах пациентов с необратимой денервацией и реиннервационными процессами в мышцах имеют разную степень и направленность. Определены оптимальные прогностические уровни коэффициента эхоплотности и степени гипотрофии, которые позволяют выделить пациентов с благоприятным и неблагоприятным прогнозом восстановления функции мышцы.

Ключевые слова: травматическое повреждение нерва, сонографическое исследование мышц, гипотрофия мышц, эхогенность, эхоплотность.

Вступ

Ультразвукове дослідження (УЗД) протягом декількох десятиліть достатньо широко використовується в травматології та ортопедії для діагностики травм і захворювань скелетно-м'язової системи: захворювань та травм суглобів; травматичних уражень м'якотканинних структур — зв'язок, сухожиль, м'язів, нервів; дослідження регенератів кісток та багато іншого [2, 8, 10, 12, 17].

Особливий інтерес представляє використання сонографічного методу у діагностиці нервово-м'язової патології як у дітей, так і в дорослих [11–13].

У доступній літературі нам вдалося знайти небагато робіт, присвячених дослідженню змін сонографічних показників у м'язах при травматичному ураженні периферичних нервів, більшість яких виконана на моделях тварин. Неоднорідність структури, збільшена ехогенність (ехощільність), атрофія м'язів — основні сонографічні

характеристики денерваційного процесу у м'язах, які відмічають всі автори, що займалися дослідженням цієї патології [3, 7, 9, 14–16].

Але, на сьогоднішній день не достатньо вивчені кількісні зміни сонографічних показників, відсутня комплексна система оцінювання структурно-функціонального стану м'язів у динаміці та прогнозування ступеня їх відновлення у хворих з наслідками травм периферичних нервів кінцівок. Саме об'єктивізація критеріїв структурно-функціональних порушень та визначення реабілітаційного потенціалу м'язів є одним із ключових моментів для вибору тактики лікування цього контингенту хворих.

Мета роботи — вивчити та оцінити структурно-функціональний стан м'язів за даними ультразвукового дослідження у хворих з наслідками уражень периферичних нервів на етапах лікування.

Матеріали і методи

Групу обстеження становили 130 хворих із наслідками тяжкого ступеня аксонального ураження периферичних нервів кінцівок. Обстежено 100 (76,9%) чоловіків та 30 (23,1%) жінок, вік яких становив від 6 до 78 років (у середньому — $33,9 \pm 15,3$ роки).

Усього було обстежено 245 м'язів, серед яких 160 з клініко-електроміографічними ознаками денервації (M0) та 85 — з клініко-електроміографічними ознаками реіннервації і відновленням функції до M1–5.

Ультразвукове дослідження м'язів виконували в різні строки — від 2 тижнів до 178 місяців після травми, більшість м'язів (91%) були обстежені в строки до 3 років після травми.

Хворі з функцією м'язів M0 (160 м'язів) були обстежені за давністю денерваційного процесу (строк після травми) і розподілені на групи таким чином:

- I група (до 3 міс.) — 51 (31,9%) м'яз;
- II група (від 3 до 6 міс.) — 28 (17,5%);
- III група (від 6 до 12 міс.) — 35 (21,9%);
- IV група (від 12 до 18 міс.) — 20 (12,5%);
- V група (понад 18 міс.) — 26 (16,2%).

За відомим функціональним результатом лікування 106 хворих (208 м'язів) були розподілені на групи:

- група А (91 м'яз) — з ефективним відновленням ($\geq M3$);
- група Б (39 м'язів) — з неефективним відновленням (M1–2);
- група В (78 м'язів) — з відсутністю відновлення функції (M0).

Ультразвукове дослідження виконували на апаратах HDI 3500 та HD 11 фірми Philips з мультичастотними лінійними датчиками (5–12 МГц), використовували стандартні методики [1, 17]. Для стандартизації умов та результатів дослідження місце розташування датчика забезпечувалося вимірюванням його положення стосовно певних координат кінцівки (суглобової щілини, кісткових орієнтирів), а також за допомогою використання запропонованого нами спеціального приладу та способу, який дозволяв контролювати та стандартно розташовувати ультразвуковий датчик і відповідно отримувати коректні для порівняння зрізи м'язової тканини [5, 6].

За розробленим протоколом визначали якісні та кількісні ультразвукові параметри м'язів ураженої та здорової кінцівки [1]. Показники інтактної кінцівки брали за норму. Вивчали такі якісні показники:

- 1) структуру м'яза (структурованість або однорідність м'язової тканини);
- 2) наявність травматичних уражень м'язів;
- 3) наявність зон перебудови м'язів — фіброз, некроз, жирова перебудова.

Досліджували такі кількісні показники:

- 1) товщину підшкірно-жирової клітковини;
- 2) товщину м'язів;
- 3) амплітуду скорочення м'язів;
- 4) ехоциальність м'язової тканини.

На основі вказаних параметрів вираховували такі показники:

- 1) ступінь гіпотрофії (СГ) та коефіцієнт гіпотрофії (КГ);

2) коефіцієнт скорочення (КС);

3) коефіцієнт ехоциальності м'язів (КЕЩ) [1].

СГ характеризував відносне зменшення товщини ураженого м'яза відносно норми (% норми) і вираховувався за формулою:

$$СГ = T_y/T_i \times 100\%,$$

де T_y — товщина ураженого м'яза; T_i — товщина відповідного м'яза інтактної кінцівки при повздовжньому скануванні.

На основі показника СГ визначали коефіцієнт гіпотрофії (КГ, %) ураженого м'яза ($КГ = 100\% - СГ$).

Скорочувальні властивості м'яза оцінювали за допомогою визначення різниці між його товщиною в напруженому та розслабленому стані. Для оцінювання цього параметру розраховували коефіцієнт скорочування (КС) за формулою:

$$КС = 100 - T_p/T_c \times 100\%,$$

де T_p — товщина м'яза в розслабленому стані; T_c — товщина м'яза в скороченому стані.

Також, в усіх пацієнтів оцінювали ехогенність м'язів з визначенням показника ехоциальності. Отримане ультразвукове зображення м'яза переносили у персональний комп'ютер для обробки за допомогою спеціальної програми оцінювання зображення на основі моделі RGB з використанням "сірої шкали".

Для оцінювання ехоциальності денервованих м'язів виконували порівняльний аналіз показників на ураженій та інтактній кінцівці [4]. На сонограмах обирали однакові за розмірами зони дослідження — "області інтересу". В обраних областях автоматично визначався показник ехоциальності (ЕЩ) м'яза як середня арифметична величина насиченості всіх пікселів, яка могла приймати значення від 0 до 255 (0 — чорний, 255 — білий колір). Значення показника ЕЩ представляли в умовних одиницях (VO).

Надалі обчислювали коефіцієнт ехоциальності (КЕЩ) денервованого м'яза за формулою:

$$КЕЩ = EЩ_y/EЩ_i \times 100\%,$$

де $EЩ_y$ — ехоциальність ураженого м'яза, $EЩ_i$ — ехоциальність відповідного м'яза інтактної кінцівки.

Результати та їх обговорення

Перший етап оцінювання показників

На першому етапі оцінювання сонографічних показників у хворих з травматичним ураженням периферичних нервів ми проаналізували структурні зміни у денервованих м'язах без клінічних та електроміографічних ознак відновлення (M0) залежно від давності денерваційного процесу.

- I група — перші 3 місяці після травми.

При давності денерваційного процесу до 3 місяців у більшості м'язів спостерігали незначне порушення структурованості м'яза.

Основною ознакою патології в цей період було зменшення товщини денервованого м'яза порівняно з контралатеральною кінцівкою. В усіх хворих було виявлено

гіпотрофію м'язів різного ступеня вираженості, у більшості випадків ступінь гіпотрофії (СГ) та коефіцієнт гіпотрофії (КГ) знаходились у межах 60–90% норми та 10–40% відповідно. Ступінь гіпотрофії залежав від рівня та характеру ураження.

Середні значення показників становили: СГ – 80,5±13,9% норми; КГ – 19,5%; КЕЩ – 125,9±17,8% (табл. 1).

Зменшення товщини м'яза та підвищення гіперехогенності рельєфу сполучнотканинних елементів, переважно перимізію, призводило до візуального збільшення ехоцільності всього м'яза у перший місяць після травми (рис. 1). У більші терміни денервації відмічали наростання ехоцільності, що можна було пояснити зменшенням відсотку ехонегативних м'язових волокон та збільшенням частки ехопозитивних стромальних елементів та жирової тканини. Звертало на себе увагу відносно збільшення шару підшкірної жирової клітковини.

• II група – від 3 до 6 місяців після травми.

При давності денерваційного процесу від 3 до 6 місяців після травми відмічали більш виражений ступінь гіпотрофії та гіперехогенності м'яза. У більшості випадків починали спостерігати розмитість міжпучкових перетинок, втрату чіткої фасцикулярної структури м'яза (рис. 2).

Середні значення показників становили: СГ – 67,0±

±14,1% норми; КГ – 33,0%; КЕЩ – 140,7±17,6% та статистично значимо відрізнялися за аналогічні значення показників I групи (див. табл. 1).

• III група – від 6 до 12 місяців після травми.

При давності денерваційного процесу від 6 до 12 місяців після травми в УЗД-картині денерованих м'язів спостерігали збільшення деструктурованості м'язової тканини з одночасним статистично значимим збільшенням ехоцільності в динаміці (рис. 3). Ступінь гіпотрофії у більшості випадків залишався без суттєвих змін (див. табл. 1).

Середні значення показників становили: СГ – 64,7±10,8% норми; КГ – 35,3%; КЕЩ – 162,7±24,6% (див. табл. 1).

• IV група – від 12 до 18 місяців після травми.

При давності денерваційного процесу від 12 до 18 місяців після травми порівняно з попередніми термінами значних вірогідних змін структури, товщини та ехоцільності м'язів не спостерігалось.

Середні значення показників становили: СГ – 60,6±15,6% норми; КГ – 39,4%; КЕЩ – 165,7±20,6% (див. табл. 1).

• V група – понад 18 місяців після травми.

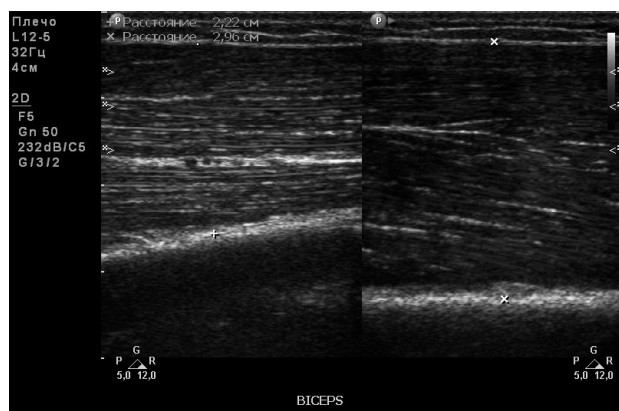
При давності денерваційного процесу понад 18 місяців спостерігали наростання гіпотрофії та ехоцільності

Таблиця 1

Сонографічні показники денерованих м'язів залежно від давності денерваційного процесу

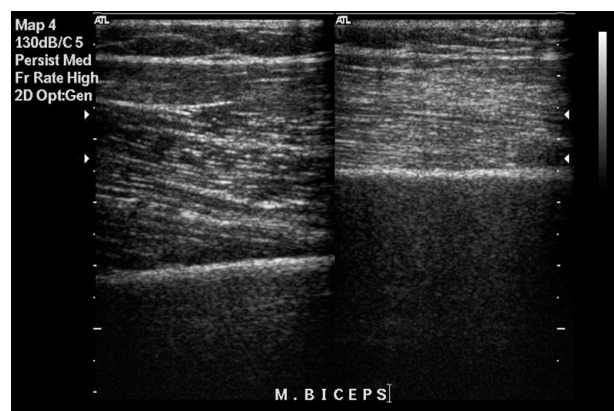
| Групи м'язів | Давність денервації, міс. | Число м'язів | Сонографічні показники, M±SD | | | | |
|--------------|---------------------------|--------------|------------------------------|-----------|-------|-------------|-------------|
| | | | СГ | | КГ, % | КЕЩ | |
| | | | % норми | min-max | | % норми | min-max |
| I | 0,5–3 | 51 | 80,5±13,9 | 41,9–99,3 | 19,5 | 125,9±17,8 | 90,9–169,2 |
| II | 3–6 | 28 | 67,0±14,1* | 33,1–87,7 | 33,0 | 140,7±17,6* | 96,3–180,8 |
| III | 6–12 | 35 | 64,7±10,8 | 43,6–91,1 | 35,3 | 162,7±24,6* | 117,1–222,5 |
| IV | 12–18 | 20 | 60,6±15,6 | 35,7–82,1 | 39,4 | 165,7±20,6 | 121,8–204,0 |
| V | >18 | 26 | 45,7±15,1* | 19,4–71,1 | 54,3 | 192,3±15,1* | 170,0–216,6 |

* p<0,05 при порівнянні показників відносно попередньої групи (Т-тест з попередньою оцінкою нормальності розподілу).



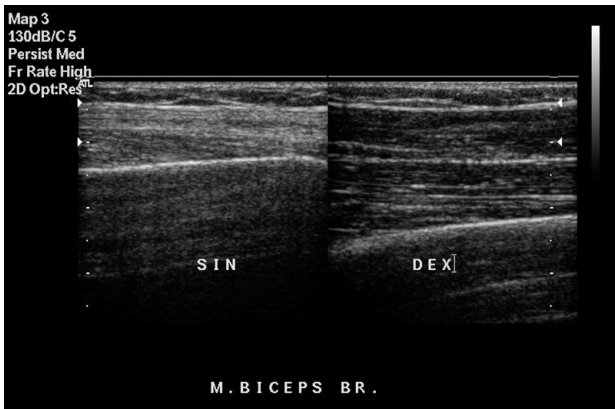
а б

Рис. 1. Сонограма денерованого (а) та інтактного (б) двоголового м'яза хворого з травматичним ушкодженням плечового сплетення (1,1 міс. після травми)



а б

Рис. 2. Сонограма інтактного (а) та денерованого (б) двоголового м'яза хворого з травматичним ураженням плечового сплетення (4,5 міс. після травми)



а б

Рис. 3. Сонограма денервованого (а) та інтактного (б) двоголового м'яза хворої з травматичним ушкодженням плечового сплетення (7,1 міс. після травми)

м'язів. Фасцикулярна структура м'яза була практично відсутня (рис. 4). Звертало на себе увагу посилення чарункової структури збільшеного шару підшкірної жирової клітковини.

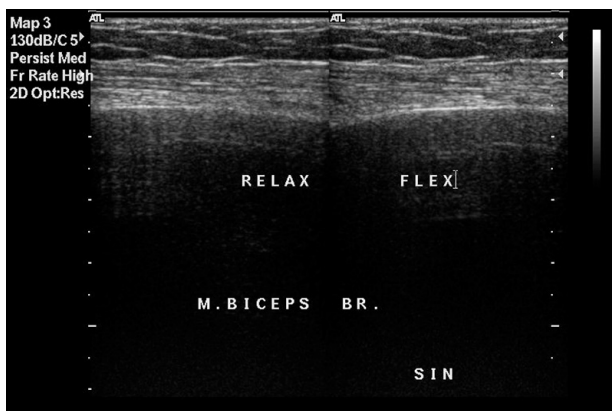
Середні значення показників становили: СГ – $45,7 \pm 15,1\%$ норми; КГ – $54,3\%$; КЕЩ – $192,3 \pm 15,1\%$ та статистично значимо відрізнялися за аналогічні значення IV групи (див. табл. 1).

Взагалі, в усіх хворих з функцією м'язів М0 скорочення при спробі довільних рухів практично не візуалізувалося або спостерігали незначне потовщення м'яза – у середньому на 0,02 см. КС денервованих м'язів становив у середньому $1,66 \pm 1,54\%$ (КС інтактного м'яза знаходився в межах 25–32%).

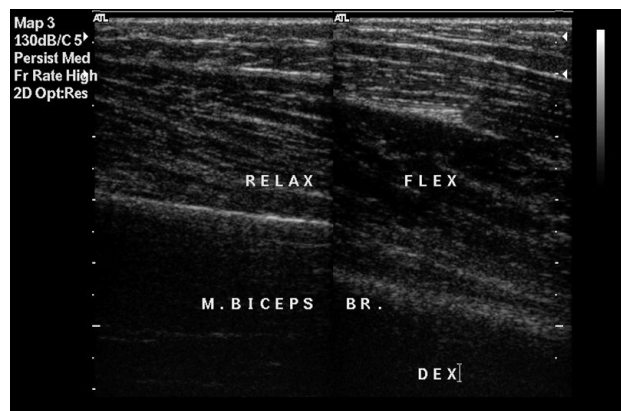
Таким чином, при аналізі результатів УЗД денервованих м'язів виявили, що гіпотрофія м'язів та ехогенність прогресивно наростали з часом після травми, тобто зі збільшенням давності денерваційного процесу (рис. 5, 6).

Статистично значиме збільшення коефіцієнта гіпотрофії м'язів відмічали в декількох періодах після травми: у перші 6 місяців (0,5–3 міс.) – у середньому на 19,5%; 3–6 міс. – на 13,5%; понад 18 міс. – на 14,9%. У строки від 6 до 18 міс. спостерігали значне зменшення інтенсивності втрати м'язового об'єму.

Коефіцієнт ехоцильності м'язів статистично значимо наростав протягом перших 12 міс. після травми: 0,5–3 міс. – у середньому – на 25,9%; 3–6 міс. – на 14,8%;



а



б

Рис. 4. Ультразвукове зображення двоголового м'яза хворого з травматичним ушкодженням плечового сплетення (22,4 міс. після травми) денервованого (а) та інтактного м'яза (б) контралатеральної кінцівки

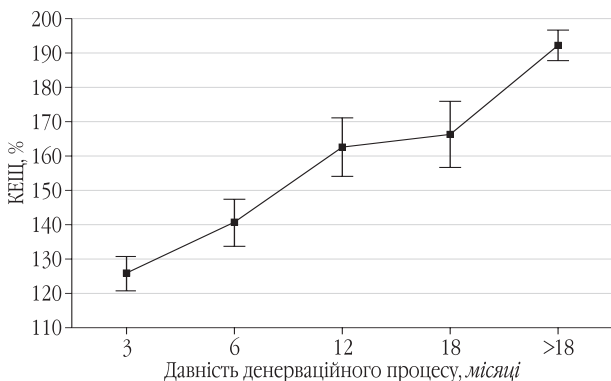


Рис. 5. Динаміка змін КЕЩ денервованих м'язів залежно від давності денерваційного процесу

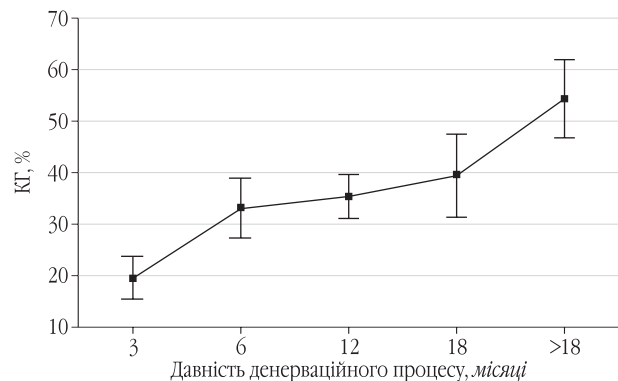


Рис. 6. Динаміка змін КГ денервованих м'язів залежно від давності денерваційного процесу

6–12 міс. — на 22%. Від 12 до 18 міс. КЕЩ суттєво не змінювався (на 3,0%) та знову вірогідно збільшувався у строки понад 18 міс. після травми — на 26,6% (див. табл. 1).

Другий етап оцінювання показників

На другому етапі ми провели ретроспективний аналіз сонографічних показників у 90 хворих (169 м'язів) залежно від відомого функціонального результату лікування: у *групі А* — з ефективним відновленням функції ($\geq M3$) та в *групі В* — з відсутністю відновлення (M0) у різні строки після травми (табл. 2, 3). Ми отримали статистично значимі відмінності показників СГ та КЕЩ у групах А та В.

Як видно з представлених даних, показники КГ та КЕЩ, які характеризують гіпотрофію та ехоцильність м'яза, в обох групах хворих мали різний ступінь та направленість змін. У хворих *групи А*, у яких в динаміці відбувалося ефективне відновлення функції м'язів, спостерігали менш інтенсивне наростання значення КГ та КЕЩ у перші 6–12 місяців після травми, яке надалі зменшувалося в часі в міру реіннервації м'язів та відновлення їх функції. При зростанні функції м'яза спостерігали чітке збільшення коефіцієнта скорочення: при M1–2, M2, M3–4 середнє значення КС становило 13,9±9,2%; 19,6±10,7 та 26,2±8,8% відповідно. Була виявлена сильна статистично значима кореляційна залежність між КС та функцією ураженого м'яза ($r=0,84$; $p<0,001$). Тобто, при збільшенні силових характеристик м'яза коефіцієнт скорочення збільшувався.

У той же час, у хворих *групи В*, у яких функція не відновилася, значення КГ та КЕЩ денервованих м'язів

прогресивно збільшувалися з давністю денерваційного процесу, КС статистично значимо не змінювався.

Завданням цього етапу аналізу стало визначення оптимального порогового рівня показників СГ та КЕЩ, який дозволяє поділити весь діапазон результатів на сприятливий та несприятливий щодо прогнозу відновлення функції.

Реалізація цього завдання базувалась на використанні методології ROC-аналізу, що дозволяє провести оцінювання вірогідності прогнозу відновлення залежно від рівня СГ та КЕЩ на основі аналізу співвідношення істинно позитивного до хибно позитивного прогнозу для окремих рівнів показників. Виявлено, що оптимальним прогностичним пороговим рівнем СГ є 60% норми (КГ — 40%), що дозволяло найбільш точно розподілити хворих зі сприятливим та несприятливим прогнозом відновлення функції при високому рівні істинного прогнозу. Прогностична ефективність становила 79,1%. Отримані результати наведені в табл. 4, 5.

Визначено, що оптимальним прогностичним пороговим рівнем КЕЩ є 160% норми, прогностична ефективність становила 75,7%.

Таким чином, показник СГ менший за 60% норми та КЕЩ більший за 160% норми були прогностично несприятливими ознаками щодо можливості відновлення функції м'язів.

Спрогнозувати формування неефективної реіннервації з функціональним відновленням до M1–2 за допомогою сонографічного методу дослідження м'язів було практично неможливо, оскільки при відновних процесах ще тривалий час зберігалися суттєва гіпотрофія

Таблиця 2

Сонографічні показники КГ і СГ (% норми, M±SD) у хворих з травмою периферичних нервів залежно від функціонального результату лікування

| Давність травми, міс. | Група А | | Група В | | р |
|-----------------------|-------------|-------|-------------|-------|---------|
| | СГ, % норми | КГ, % | СГ, % норми | КГ, % | |
| <6 | 83,1±10,8 | 16,9 | 73,3±15,5 | 26,7 | 0,004* |
| 6–12 | 74,7±13,5 | 25,3 | 60,6±8,3 | 39,4 | 0,003* |
| >12 | 76,1±13,2 | 23,9 | 50,2±16,2 | 49,8 | 0,0001* |

* $p<0,05$ (Т-тест з попередньою оцінкою нормальності розподілу за критерієм Шапіро–Уїлка) при порівнянні показників СГ *групи А* відносно *групи В*.

Таблиця 3

Сонографічний показник КЕЩ (% норми, M±SD) у хворих з травмою периферичних нервів залежно від функціонального результату лікування

| Давність травми, міс. | Група А | Група В | р |
|-----------------------|------------|------------|---------|
| <6 | 127,8±17,4 | 141,4±30,1 | 0,016* |
| 6–12 | 148,1±18,8 | 165,3±23,3 | 0,028* |
| >12 | 143,0±25,1 | 185,9±15,4 | 0,0001* |

* $p<0,05$ (Т-тест з попередньою оцінкою нормальності розподілу за критерієм Шапіро–Уїлка) при порівнянні показників *групи А* відносно *групи В*.

Таблиця 4

Аналіз прогностичного оцінювання відновлення функції для окремих порогових рівнів СГ (у % та 95% довірчий інтервал)

| Рівні показника СГ, % норми | Чутливість, % | Специфічність, % | Прогностична ефективність, % |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| <40,0 | 100 (95,6–100) | 11,5 (5,7–21,8) | 62,5 (54,4–70,0) |
| ≤60,0 | 97,6 (91,6–99,3) | 54,1 (41,7–66,0) | 79,1 (71,8–85,0) |
| ≤80,0 | 51,8 (41,2–62,2) | 88,5 (78,1–94,3) | 67,4 (59,3–74,5) |
| >80,0 | 2,41 (0,7–8,4) | 100 (94,1–100) | 43,8 (35,9–51,9) |

Таблиця 5

Аналіз прогностичного оцінювання відновлення функції для окремих порогових рівнів КЕЩ (у % та 95% довірчий інтервал)

| Рівні показника КЕЩ, % норми | Чутливість, % | Специфічність, % | Прогностична ефективність, % |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| >200 | 100 (95,9–100) | 8,97 (4,42–17,4) | 58,0 (50,5–65,2) |
| ≥180 | 96,7 (90,8–98,9) | 42,3 (32,0–53,4) | 71,6 (64,4–77,9) |
| ≥160 | 87,9 (79,6–93,1) | 61,5 (50,4–71,6) | 75,7 (68,8–81,6) |
| ≥140 | 65,9 (55,7–74,9) | 84,6 (75,0–91,0) | 74,6 (67,5–80,5) |
| ≥120 | 27,3 (19,4–37,4) | 94,9 (87,5–98,0) | 58,6 (51,0–65,7) |

та збільшена ехоцильність м'яза, особливо при довготривалому денерваційному процесі та пізніх хірургічних втручаннях. У хворих з функцією М1, М1–2 та М2 показники КГ та КЕЩ статистично значимо не відрізнялися. Тільки при досягненні ефективного відновлення функції до М3 показники вірогідно зменшувалися ($p < 0,05$).

У групі хворих з функцією м'язів М0 була виявлена статистично значима середньої сили кореляційна залежність між показниками: давністю денерваційного процесу та КГ, КЕЩ ($r = 0,58$; $r = 0,57$ відповідно). Тобто, із збільшенням давності денерваційного процесу наростає гіпотрофія та ехоцильність м'язів. Статистично значимий зв'язок був виявлений також між КГ та КЕЩ ($r = 0,61$).

Таким чином, денерваційні процеси, які виникають у хворих із наслідками аксонального ушкодження периферичних нервів тяжкого ступеня, призводять до суттєвих сонографічних змін структурно-функціонального стану м'язів. Виявлені порушення виникають уже з перших місяців після травми і мають певну динаміку в часі.

У хворих з клінічними та електроміографічними ознаками повної денервації м'язів (М0) гіпотрофія м'язів та ехоцильність прогресивно наростають з часом після травми, тобто зі збільшенням давності денерваційного процесу. Виявлена статистично значима кореляційна залежність між показниками: давністю денерваційного процесу та КГ, КЕЩ ($r = 0,58$ та $r = 0,57$ відповідно) та статистично значимий зв'язок між показниками КГ та КЕЩ ($r = 0,61$). Наростання гіпотрофії та збільшення ехоцильності м'язів при тривалому денерваційному процесі в м'язах разом відображають негативні структурні зміни в денерованому м'язі — дегенеративно-дистрофічні з фіброзно-жировою перебудовою.

Виявлено, що перебіг процесів гіпотрофії та сонографічного ущільнення денерованих м'язів нерівномірний, має деякі підйоми та плато у певні періоди після травми. *Інтенсивне наростання гіпотрофії м'язів* спостерігають у декількох періодах: у перші 6 місяців — у середньому на 33% та в строки понад 18 місяців після травми — у середньому на 14,9%.

Коефіцієнт ехоцильності м'язів прогресивно наростає протягом перших 12 місяців після травми — у середньому на 62,7%. Від 12 до 18 місяців КЕЩ суттєво не змінюється та знову вірогідно збільшується в строки понад 18 місяців після травми — у середньому на 26,6%.

Показники гіпотрофії та ехоцильності у хворих з незворотною денервацією та з реіннерваційними процесами мають різний ступінь та направленість змін. У хворих, у яких в динаміці відбувається ефективне відновлення функції м'язів, спостерігається менш інтенсивне наростання КГ та КЕЩ у перші 6–12 місяців після травми, які надалі зменшуються в часі в міру реіннервації м'язів та відновлення їх функції. При зростанні функції м'яза спостерігають чітке збільшення коефіцієнта скорочення. Виявлена сильна статистично значима кореляційна залежність між КС та функцією ураженого м'яза ($r = 0,84$). У той же час, у хворих, у яких функція не відновлюється, гіпотрофія та ехоцильність м'язів прогресивно збільшуються з давністю денерваційного процесу.

Оптимальним прогностичним пороговим рівнем КЕЩ та СГ є 160% норми та 60% норми відповідно, що

дозволяє розподілити хворих зі сприятливим та несприятливим прогнозом відновлення функції. Показник СГ менший за 60% норми ($КГ > 40\%$) та КЕЩ більший за 160% норми є *прогностично несприятливими ознаками* щодо можливості відновлення функції м'язів.

Ці показники дозволяють прогнозувати реіннервацію або її відсутність, але не дають можливості чітко визначити майбутні кількісні показники відновлення силових характеристик м'яза. Спрогнозувати формування неефективної реіннервації (з функціональним відновленням до М1–2) за допомогою сонографічного методу дослідження м'язів практично неможливо, оскільки при відновних процесах ще тривалий час зберігаються суттєва гіпотрофія та збільшена ехоцильність м'яза, особливо при довготривалому денерваційному процесі.

Таким чином, денерваційно-реіннерваційні процеси, які перебігають у м'язах, можуть бути оцінені за допомогою низки кількісних сонографічних показників і бути об'єктивним підґрунтям для визначення характеру, направленості процесу та тактики лікування хворих з травмою периферичних нервів.

Висновки

1. Гіпотрофія та ехоцильність м'язів прогресивно наростають зі збільшенням давності денерваційного процесу. Установлена середньої сили кореляційна залежність між давністю денерваційного процесу, КГ та КЕЩ ($r = 0,58$ та $r = 0,57$ відповідно).

2. Наростання гіпотрофії та сонографічне ущільнення денерованих м'язів перебігає нерівномірно у часі, найбільш інтенсивне збільшення гіпотрофії спостерігається у перші 6 місяців, ехоцильності — 12 місяців та обох показників — у строки понад 18 місяців після травми.

3. Показники гіпотрофії та ехоцильності м'язів у хворих з незворотною денервацією та з реіннерваційними процесами мають різний ступінь та направленість змін.

4. Визначені оптимальні прогностичні порогові рівні коефіцієнта ехоцильності та ступеня гіпотрофії. Показник ступеня гіпотрофії менший за 60% норми та коефіцієнта ехоцильності більший за 160% норми є прогностично несприятливими ознаками щодо можливості відновлення функції м'язів.

5. Денерваційно-реіннерваційні процеси, які перебігають у м'язах при травмі периферичних нервів, можуть бути оцінені за допомогою низки кількісних сонографічних показників, які, у свою чергу, є об'єктивним підґрунтям для визначення тактики лікування хворих з цією патологією.

Література

1. Використання ультразвукового дослідження для вивчення стану м'язів у хворих з наслідками травм верхньої кінцівки / Страфун С. С., Курінний І. М., Гайко О. Г. [та ін.] // Вісн. ортопед., травматол. та протезув. — 2009. — № 3. — С. 33–36.
2. Вовченко А. Я. Сустави. Путеводитель по ультразвуковому исследованию в травматологии и ортопедии / А. Я. Вовченко. — К.: УДК, 2001. — 143 с.

3. Оценка ультразвуковых данных нервно-мышечного аппарата при травмах лучевого нерва / Голубев В.Г., Кхир Бек М., Юлов В.В., Гончаров Н.Г. // Хирургия им. Н.И. Пирогова. — 2011. — № 10. — С. 58–65.
4. Пат. № 58187 UA. МПК (2011) А 61 В 8/08. Спосіб кількісної оцінки щільності ультрасонографічного зображення м'язів кінцівок / Гайко О.Г., Вовченко Г.Я., Сергієнко Р.О. (UA) / ДУ "Інститут травматології та ортопедії АМН України" (UA); № u201009401; заявл. 27.07.2010; опубл. 11.04.2011. — Бюл. № 7.
5. Пат. № 40039 UA. МПК (2006) А 61 В 8/00. Пристрій для визначення кутів нахилу датчика ультразвукового апарата до сагітальної та фронтальної площин / Куценко Я.Б., Вовченко Г.Я., Гайко О.Г. (UA) / ДУ "Інститут травматології та ортопедії АМН України" (UA); № u200811736; заявл. 02.10.2008; опубл. 25.03.2009. — Бюл. № 6.
6. Пат. № 40040 UA. МПК (2006) А 61 В 8/00. Спосіб визначення кутів нахилу датчика ультразвукового апарата до сагітальної та фронтальної площин / Гайко О.Г., Вовченко Г.Я., Куценко Я.Б. (UA) / ДУ "Інститут травматології та ортопедії АМН України" (UA); № u200811737; заявл. 02.10.2008; опубл. 25.03.2009. — Бюл. № 6.
7. Страфун С.С. Комплексне ортопедичне лікування хворих із застарілими ушкодженнями плечового сплетення та периферичних нервів верхньої кінцівки : дис. ... доктора мед. наук : 14.01.21 / Страфун С.С. — К., 1999. — 337 с.
8. Шевченко С.Д. Возможности ультразвуковой диагностики в травматологии и ортопедии / Шевченко С.Д., Мартюк В.И., Яковенко И.Г. // Ортопед., травматол. и протезир. — 2009. — № 1. — С. 118–123.
9. Gunreben G. Real-time sonography of acute and chronic muscle denervation / G. Gunreben, U. Bogdahn // Radiology. — 2004. — Vol. 14 (Issue 7). — P. 654–664.
10. Jacobson J.A. Fundamentals of Musculoskeletal Ultrasound / J.A. Jacobson. — Philadelphia : Saunders Elsevier, 2007. — 346 p.
11. Muscle ultrasound in the assessment of suspected neuromuscular disease in childhood / Zuberi S.M., Matta N., Nawaz S. [et al.] // Neuromuscul. Disord. — 1999. — Vol. 9, № 4. — P. 203–207.
12. Pillen S. Skeletal muscle ultrasound / S. Pillen // Eur.J. Translational Myology. — 2010. — Vol. 1, № 4. — P. 145–155.
13. Quantitative skeletal muscle ultrasonography in children with suspected neuromuscular disease / Pillen S., Scholten R.R., Zwarts M.J., Verrrips A. // Muscle Nerve. — 2003. — Vol. 27. — P. 699–705.
14. Quantitative ultrasonography in focal neuropathies as compared to clinical and EMG findings / Bargfrede M., Schwennicke A., Tumann H., Reimers C.D. // Eur.J. Ultrasound. — 1999. — Vol. 10, № 1. — P. 21–29.
15. The Significance of Echogenicity in Denervated Skeletal Muscle / Jung J.C., Lee S.G., Kim J.H. [et al.] // Chonnam Med. J. — 2001. — Vol. 37, № 4. — P. 383–388.
16. Ultrasound follow-up after experimental muscle denervation / Küllmer K., Reimers C.D., Eysel P., Harland U. // Ultraschall. Med. — 1996. — Vol. 17, № 5. — P. 225–228.
17. Van Holsbeeck M. Musculoskeletal ultrasound / M. Van Holsbeeck, J. Introcaso // St. Louis : My Book, 1991. — 316 p.

УДК 616.833.37–001–098:615.84

ВИКОРИСТАННЯ ПРЯМОЇ ДОВГОТРИВАЛОЇ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ ПРИ НАСЛІДКАХ УШКОДЖЕННЯ ПРОМЕНЕВОГО НЕРВА

Ю.В. Цимбалюк

ДУ "Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України", м. Київ

LONG-TERM DIRECT PERIPHERAL NERVE STIMULATION IN SURGICAL TREATMENT OF RADIAL NERVE INJURIES

Yu. V. Tymbaliuk

Radial nerve injuries constitute to 13% of general peripheral nerve injuries. During the period from 2004 to 2012 in the clinic of restorative neurosurgery 14 patients have been undergone surgeries on the occasion of radial nerve injuries combined with application of long-term stimulation technique. Neurolysis and decompression of the radial nerve have been carried out for all patients. In 2 cases microsurgical nerve suturing (neurography) was performed in 1 case autoradiography (autoneuroplasty) has been carried out. After nerve removal from surrounding scar tissues and restoration of anatomical integrity the electrodes of NeuC-3M electro-stimulation system of Neuc-3M were sutured to the epineurium. This system allowed patients to carry out individual complex of direct electrical stimulation at home several times per day for a long period of time.

In 28.6% of cases restoration of radial nerve function was good (motor — 4–5, sensory — 3–4), in 57.1% of cases partial restoration was observed (M2–M3 and S1–S3). Two patients have undergone tendon transposition of flexors on extensors for upper extremity function restoration.