УДК 616.832-001-009.2-036.83

© В. І. ЦИМБАЛЮК, Ю. Я. ЯМІНСЬКИЙ, А. І. ТРЕТЬЯКОВА

Інститут нейрохірургії ім. акад. А. П. Ромоданова АМН України

Клініко-електрофізіологічна оцінка результатів відновлення рухів у хворих із наслідками травматичного ушкодження грудних і поперекових сегментів спинного мозку

V. I. TSYMBALIUK, YU. YA. YAMINSKYI, A. I. TRETIAKOVA

Institute of Neurosurgery by acad. A. P. Romodanov of AMS of Ukraine

NEUROLOGICAL AND ELECTROPHYSIOLOGICAL EVALUATION OF MOVEMENT RESTORATION IN PATIENTS WITH CONSEQUENCES OF TRAUMATIC INJURY OF LUMBAR AND THORACIC SEGMENTS OF THE SPINAL CORD

Порушення рухів у хворих із наслідками травматичного ушкодження спинного мозку є одним із головних чинників, що визначають якість життя. Дане дослідження ґрунтується на аналізі результатів відновного хірургічного лікування 146 хворих із наслідками ушкодження грудних та поперекових сегментів спинного мозку та корінців кінського хвоста. Для оцінки відновлення рухів використовували шкалу ASIA та електрофізіологічне дослідження, що включало транскраніальну магнітну стимуляцію та електронейроміографію. Серед методів відновного хірургічного лікування застосовували епідуральну електростимуляцію спинного мозку, формування обхідних шляхів спинномозкової іннервації та DREZ-томію у хворих із високою спастичністю. У групі ASIA A незначне відновлення рухів (у середньому на 4,7 бала) мало місце у 35,7 % хворих. У групі B відновлення рухів було у 76 % пацієнтів, у 16 % з них рухи відновились більш ніж на 25 балів. У 12 % хворих відновилась функція ходи. У групі ASIA C поліпшення рухів відзначено в усіх хворих, відновити функцію ходи вдалось у 52,4 % пацієнтів. За результатами електрофізіологічних досліджень, в усіх групах хворих під впливом проведеного лікування зростала амплітуда ВМП, знижувалась латентність та ЧЦМП. Сучасні методи відновного хірургічного лікування дозволяють відновлювати активні рухи у хворих із наслідками травматичного ушкодження спинного мозку. Ефективність хірургічного лікування залежить від тяжкості та давності травми спинного мозку.

Movement disorders in patients with consequences of spinal cord trauma are principal conditions under which the quality of life is defined. This study is based on the analysis of restorative surgical treatment of 146 patients with consequences of traumatic injury of lumbar and thoracic segments of the spinal cord and nerves of the cauda equine. To evaluate the grade of movement restoration we utilized ASIA Motor Scale and electrophysiological data, which included TMS and electroneuromyography (ENMG). Among the methods of restorative surgical treatment we utilized epidural stimulation of the spinal cord, bypass reinnervation and DREZ-tomy in patients with high grade of spasticity. In patients with ASIA A Grade we obtained minor movement restoration (average up to 4,7 points) only in 35,7 % of them. ASIA B group of patients showed movement restoration in 76 % of all cases, 16 % of patients of this group showed movement restoration up to 25 points and more. 12 % of patients restored their ability to walk. ASIA C group showed improvement of motive function in all patients, ability to walk restored in 52,4 % of them. Electrophysiological data showed growth of amplitude of EMP, decrease of latency and decrease of TCMC in all groups of patients. Modern methods of restorative surgical treatment allow us to restore active movements in patients with consequences of traumatic injury of the spinal cord. Results depend on severity of trauma and terms after trauma.

Постановка проблеми і аналіз останніх досліджень та публікацій. Відновлення рухів у хворих із наслідками травматичного ушкодження спинного мозку є одним із головних чинників, що визначають здатність хворого до самообслуговування та його фізичну і соціальну адаптацію. Травма спинного мозку приводить до інвалідизації 90–95 % хворих навіть при своєчасній і адекватній медичній допомозі в гострий період. За даними різних авторів [6, 15], 92–98 % хворих із наслідками травми спинного мозку мають рухові порушення різного ступеня тяжкості. Відновна хірургія спинного мозку має багату історію. Stewart і Harte [2] ще в 1902 році при повному ушкодженні спинного мозку накладали прямий анастомоз між його куксами. Пізніше багатьма хірургами [2, 5] робились спроби накладення прямого анастомозу між відрізками пошкодженого спинного мозку вже із застосуванням мікрохірургічної

техніки, операційного мікроскопа, але результати даних оперативних втручань були незадовільними. Іншим шляхом відновлення функцій спинного мозку було формування обхідних шляхів спинномозкової іннервації [4, 12]. Ці операції мали певний ефект переважно у відновленні функції сечового міхура, але не набули широкого застосування. Ще одним видом реконструктивних втручань на спинному мозку стали операції, спрямовані на поліпшення спинномозкового кровообігу: оментомієлопексія, реваскуляризація спинного мозку міжреберними та потиличними артеріями [3, 10]. Пізніше в експерименті на тваринах було розроблено різноманітні лікувальні технології для відновлення функцій спинного мозку після його травматичного ушкодження: застосування трансплантації ембріональної нервової тканини [8], шванівських клітин [7], активованих макрофагів [18], ольфакторних клітин [13], імплантацію препарату "Нейрогель" [17] для відновлення анатомічної цілості та функцій спинного мозку після його повного ушкодження. Авторами було доведено певну ефективність кожної з цих методик для відновлення функцій спинного мозку, але жодна з них не знайшла широкого клінічного застосування.

Одним із перспективних напрямків відновної хірургії спинного мозку є застосування методу епідуральної електростимуляції [9, 11]. Експериментально доведено, що in vitro аксони нейробластів значно прискорюють свій ріст у напрямку до катода [11, 14]. Електростимуляція спричиняє деполяризацію клітинних мембран та виникнення потенціалу дії, що приводить до формування нервового імпульсу [14]. Одним із важливих напрямків застосування електростимуляції спинного мозку є відновлення функції тазових органів у хворих із наслідками травми спинного мозку та його корінців [2].

Матеріали і методи. Наше дослідження ґрунтується на аналізі результатів лікування 146 хворих із наслідками травматичного ушкодження грудних і поперекових сегментів спинного мозку, оперованих у клініці відновної хірургії Інституту нейрохірургії в період із 2001 до 2010 року.

Серед хворих переважали чоловіки, їх було 119 (81,5 %), жінок – 27 (18,5 %). Вік пацієнтів перебував у межах від 10 до 57 років (в середньому – 32,7 року). Серед травмуючих факторів на першому місці ДТП – 97 (66,4 %) хворих, падіння з висоти – 32 (21,9 %) пацієнти, падіння з висоти свого зросту – 10 (6,8 %) хворих, вогнепальне – 4 (2,8 %) та ножове ушкодження спинного мозку – 3 (2,1 %) пацієнти.

Хворих з ушкодженнями грудних сегментів спинного мозку було 78 (53,4 %), поперекового потовщення спинного мозку та корінців кінського хвоста – 68 (46,6 %). У своє дослідження ми включали пацієнтів, оперованих лише в пізній період травматичної хвороби спинного мозку (3 і більше місяців після травми). Давність травми у хворих в нашому дослідженні коливалась від 3 місяців до 12 років (табл. 1).

За тяжкістю травми, що визначалась за шкалою ASIA, хворі розподілились таким чином: група А – повна відсутність рухів і чутливості – 70 хворих, група В – повністю або частково збережена чутливість, але відсутні рухи дистальніше місця травми, включаючи сегменти S4–S5, – 25 хворих, група С – частково збережені рухи і чутливість, але більш ніж половина ключових м'язів нижче місця ушкодження має силу, меншу за 3 бали – 42 хворих; Д – збережені рухи та чутливість, понад половина ключових м'язів нижче рівня ушкодження має силу 3 бали і більше – 9 пацієнтів; Е – нормальні рухи і чутливість. Хворих групи Е в нашому дослідженні не було.

З метою відновлення функцій спинного мозку виконували такі види хірургічних втручань: імплантація електростимулюючої системи епідурально – 122 хворих, поперекова DREZ-томія – 17 пацієнтів, формування обхідних шляхів спинномозкової іннервації (невротизація стегнового нерва запиральним – 4 хворих, невротизація кукси спинного мозку грудними спінальними нервами – 3 хворих). У 94 пацієнтів операцію встановлення електродів супроводжували мієлорадикулолізом. У 54 (36,9 %) хворих була не усунута компресія спинного мозку на час проведення відновних хірургічних втручань. Всім цим пацієнтам поряд із проведенням віднов-

Таблиця 1. Розподіл хворих залежно від давності та тяжкості травми

Групи хворих за ASIA	Давність травми					Всього
	3–6 міс.	6–12 міс.	1–2 роки	2–3 роки	>3 років	
Група А	16	19	11	11	13	70
Група В	8	6	3	4	4	25
Група С	18	5	6	4	9	42
Група Д	4	2	-	2	1	9
Всього	46	32	20	21	27	146

них хірургічних втручань виконували декомпресивно-стабілізуючі операції.

Для електростимуляції спинного мозку використовували радіочастотний електростимулятор, що складається з 2-х частин: електродів із приймальною антеною, що імплантуються в тіло хворого під час операції, та власне електростимулятора, за допомогою якого проводиться стимуляція в післяопераційному періоді. Ми використовували прилад, створений сумісно співробітниками Інституту нейрохірургії та інженерами наукової лабораторії Київського заводу "Квазар-мікро". Електростимуляцію проводили змінним струмом частотою 25 Гц, напругою 13 Вт та силою струму 20 мА.

Електростимуляцію спинного мозку здійснювали в поздовжньому напрямку, катод встановлювали на 1,5–2,5 см каудальніше анода при проведенні електростимуляції на рівні ушкодження спинного мозку і навпаки при стимуляції ділянки поперекового потовщення у хворих із наслідками травми грудних сегментів спинного мозку. Для електростимуляції використовували 2 пари електродів.

У 12 хворих з ушкодженням грудних сегментів спинного мозку при частково збережених рухах у нижніх кінцівках та спастичності 3 бали (за шкалою Ashworth) [2] проводили стимуляцію в напрямку до анода, що дозволяло зменшити гіперактивність мотонейронів поперекового потовщення та покращити супрасегментарні впливи [2]. Для встановлення електродів у цих хворих використовували двобічну дворівневу інтерламінектомію. Електростимуляцію спинного мозку проводили три рази на день. Тривалість одного сеансу коливалась від 2 до 10 хв залежно від переносимості хворим процедури.

Операцію невротизації стегнового нерва запиральним виконано 4 хворим з ушкодженням поперекового потовщення спинного мозку при збереженій функції запирального нерва на рівні 4 балів (ASIA) та повністю втраченій функції стегнового нерва. Операцію виконували із заочеревинного доступу.

Невротизацію кукси спинного мозку грудними спінальними нервами виконано у 3 пацієнтів з анатомічним переривом спинного мозку на рівні поперекового потовщення. Під час операції спинномозкові корінці Th10 та Th11 виділяли дистально на 3–4 см і пересікали, після чого їх імплантували в дистальну куксу спинного мозку.

Для оцінки відновлення рухів використовували шкалу ASIA та електрофізіологічне дослідження, що включало визначення латентного періоду та амплітуди викликаних моторних потенціалів (ВМП) на транскраніальну магнітну стимуляцію (ТМС) та сегментарну магнітну стимуляцію (МС) на поперековому рівні, часу центрального моторного проведення (ЧЦМП) та результатів електронейроміографії (ЕНМГ) у хворих з ушкодженням поперекових сегментів спинного мозку. Для реєстрації викликаних потенціалів методом ТМС обирали найбільш дистальні щодо рівня іннервації м'язи нижніх кінцівок (m. Tibialis anterior). У хворих із високою спастичністю методом ЕНМГ визначали динаміку амплітуди Н-рефлексу до і після хірургічних втручань. Електрофізіологічні дослідження виконані на апаратах "Нейро-МВП-4" та "Нейро-МС" ("Нейрософт", РФ).

Результати досліджень та їх обговорення. Результати відновного лікування оцінювали в терміни від 11 до 13 місяців після хірургічних втручань. У жодного з пацієнтів не відмічено погіршення неврологічної симптоматики. Нами проведено аналіз результатів відновлення рухів у паретичних кінцівках залежно від давності і тяжкості травми спинного мозку та виду проведених хірургічних втручань.

Давність травми була одним із важливих факторів, що визначав результат лікування. У хворих, які були оперовані в проміжку 3–6 місяців після травми, результати відновлення рухів у паретичних кінцівках були такими (табл. 2): у 5 (10,9 %) пацієнтів із 46 мало місце значне відновлення та поліпшення рухів. За шкалою ASIA, рухи відновились у цих хворих в середньому на 27,8 бала. У 18 (39,1 %) пацієнтів рухи відновились у середньому на 14,7 бала, у 19 (41,3 %) хворих рухи відновились у середньому на 6,2 бала. Лише у 4 (8,7 %) хворих цієї групи не було відновлення рухів. У 12 (37,5 %) пацієнтів, оперова-

Таблиця 2. Результати відновлення рухів залежно від давності травми

Відновлення рухів (у балах)	Давність травми					Всього
	3–6 міс.	6–12 міс.	1–2 роки	2–3 роки	>3 років	
1–10 балів	19	12	5	3	9	48
11–25 балів	18	10	9	5	2	44
>25 балів	5	1	-	-	1	7
Не було	4	9	6	13	15	47
Всього	46	32	20	21	27	146

них у проміжку 6–12 місяців після травми, відновлення рухів було незначним і склало в середньому 5,7 бала. У 10 (31,2 %) хворих рухи відновились у середньому на 17,3 бала, в 1 (3,2 %) пацієнта рухи відновились на 30 балів, не було відновлення рухів у 9 (28,1 %) пацієнтів. У 5 (25 %) хворих, оперованих через 1–2 роки після травми, було незначне відновлення рухів (у середньому 4,7 бала). У 9 (45 %) хворих, що були прооперовані в цей проміжок часу, рухи відновились у середньому на 14,2 бала. У 6 (30 %) пацієнтів цієї групи відновлення рухів не було. У 3 (14,3 %) хворих, які були прооперовані через 2–3 роки після травми, рухи відновились в середньому на 6,2 бала, у 5 (23,8 %) пацієнтів вони відновились в середньому на 15,8 бала, у 13 (61,9 %) хворих відновлення рухів не було. Із 27 хворих, оперованих більш ніж через 3 роки після травми, у 9 (33,3 %) було незначне відновлення та поліпшення рухів (у середньому на 5,8 бала), у 2 (7,4 %) пацієнтів рухи відновились на 14,5 бала, в 1 (3,7 %) хворого, оперованого через 6 років після травми, після хірургічної корекції спастичності рухи покращились на 33 бали. У 15 (55,6 %) пацієнтів цієї групи відновлення рухів не було.

Таким чином, значного поліпшення та відновлення рухів нам вдалося досягти переважно у хворих, оперованих протягом першого року після травми. У 7,7 % пацієнтів, оперованих в цьому проміжку часу, рухи відновились більш ніж на 25 балів, що дозволило відновити всім функцію ходи. У хворих, оперованих в більш пізні терміни після травми, лише у 1 (1,5 %) вдалося покращити рухи значною мірою. Кількість хворих із відсутністю результатів у відновленні рухів із 3 місяців до 2 років збільшується прямо пропорційно до збільшення терміну захворювання, а після 2 років залишається стабільно високою (від'ємний результат більш ніж у 50 % хворих).

Одним із найважливіших факторів, що впливали на результати відновлення рухів, була тяжкість травми. У таблиці 3 представлені результати відновлення рухів залежно від тяжкості травми. У групі ASIA A результати відновлення були найгіршими. Незначне відновлення рухів (у середньому на 4,7 бала) було у 25 (35,7 %) хворих групи А. У 4 (5,7 %) пацієнтів рухи відновились у середньому на 13,7 бала. У 41 (58,6 %) хворого відновлення рухів не було. Відновити функцію ходи не вдалося жодному хворому групи А.

У групі В у 8 (32 %) пацієнтів рухи відновились у середньому на 7,2 бала, у 7 (28 %) хворих вони відновились у середньому на 16,4 бала, у 4 (16 %) було значне відновлення рухів (у середньому на 28,2 бала), що дало можливість відновити функцію ходи 3 хворим. У 6 (24 %) пацієнтів відновлення рухів не було.

У групі С незначне поліпшення рухів у паретичних м'язах (в середньому на 5,7 бала) мало місце у 8 (19 %) хворих. У 31 (73,8 %) пацієнта рухи покращились у середньому на 15,3 бала. У 3 (7,1 %) хворих групи С мало місце значне поліпшення рухів – у середньому на 29,7 бала. Функцію ходи вдалося відновити 22 (52,4 %) хворим цієї групи.

У групі Д метою хірургічного лікування була переважно корекція больового синдрому і тазових порушень. Але поряд з цим відбувались зміни і в руховій сфері. Результати поліпшення рухів були такими: у 7 (77,8 %) хворих рухи покращились у середньому на 4,8 бала, у 2 (22,2 %) хворих – в середньому на 13,8 бала. У всіх хворих групи Д функція ходи до операції була збереженою. Її поліпшення відмітили 5 (55,6 %) пацієнтів.

Таким чином, найкращими були результати відновлення рухів у хворих із частково збереженою провідністю спинного мозку. Із 76 хворих, у яких до операції були частково збережені чутливість та рухи, лише у 6 (7,9 %) пацієнтів після проведеного лікування не було змін у руховій сфері. Відновити функцію ходи вдалося 25 хворим із частково збереженою провідністю спинного мозку.

Результати відновлення рухів залежно від виду проведених хірургічних втручань наведені в таблиці 4. 110 хворим проведена операція встановлення електродів на рівні травматичного ушкодження спинного мозку. Незначне відновлення рухів у середньому на 8,2 бала отримано у 37 (33,7 %) пацієнтів. У 38 (34,5 %) хворих цієї групи рухи відновились у середньому на 15,7 бала. У 5 (4,5 %) хворих було значне відновлення рухів, у середньому

Таблиця 3. Результати відновлення рухів залежно від тяжкості травми

Відновлення рухів (у балах)	Групи хворих за ASIA				Всього
	група А	група В	група С	група Д	
1–10 балів	25	8	8	7	48
11– 25 балів	4	7	31	2	44
>25 балів	-	4	3	-	7
Не було	41	6	-	-	47
Всього	70	25	42	9	146

Таблиця 4. Результати відновлення рухів залежно від виду проведеного хірургічного лікування

Вид проведеного хірургічного втручання	Відновлення рухів (в балах)				Всього
	1–10	11–25	>25	Не було	
Встановлення електродів на рівні травми	37	38	5	30	110
Встановлення електродів на рівень поперекового потовщення	2	5	1	4	12
Поперекова DREZ-томія	4	1	1	11	17
Невротизація кукси спинного мозку	1	-	-	2	3
Невротизація стегнового нерва	4	-	-	-	4
Всього	48	44	7	47	146

на 28,6 бала. У 30 (27,3 %) хворих, яким електроди для епідуральної електростимуляції були встановлені на рівні травми, відновлення рухів не було.

Метою встановлення електродів на рівень поперекового потовщення у хворих із наслідками ушкодження грудних сегментів спинного мозку є корекція надлишкової спастичності. У нашому дослідженні було 12 таких хворих. У 2 (16,7 %) із них рухи відновились у середньому на 5,7 бала, а спастичність знизилась із 3 до 2 балів. За результатами ЕНМГ, амплітуда Н-рефлексу в цих хворих знизилась у середньому в 1,7 раза. У 5 (41,7 %) пацієнтів на фоні зниження спастичності з 3 до 1 бала рухи відновились на 16,1 бала. Амплітуда Н-рефлексу в цих хворих знизилась в 2,3 раза. У 1 (8,3 %) хворого під впливом електростимуляції поперекового потовщення рухи відновились на 33 бали. Спастичність у цього хворого знизилась з 3 до 1 бала, амплітуда Н-рефлексу знизилась із 17,4 до 6,3 мВ. У 4 (33,3 %) пацієнтів відновлення рухів не було. Амплітуда Н-рефлексу в цих хворих знизилась у середньому в 1,8 раза. Слід відмітити, що під час епідуральної електростимуляції та протягом 1,5–2 год після неї відмічали більш значиме зниження амплітуди Н-рефлексу, ніж через 3–4 год після неї.

У 17 хворих із високою спастичністю виконана операція поперекової DREZ-томії. Поліпшення рухів після операції мало місце у 6 (29,4 %) пацієнтів. У 4 (23,5 %) хворих рухи відновились у середньому на 5,3 бала. У 1 (5,9 %) хворого рухи відновились на 12 балів, ще в 1 (5,9 %) – на 30 балів. У 11 (64,7 %) пацієнтів відновлення та поліпшення рухів після операції DREZ-томії не було. В усіх хворих після операції поперекової DREZ-томії амплітуда Н-рефлексу знизилась у середньому в 2,2 раза.

Із 3 хворих з анатомічним переривом спинного мозку, яким виконана операція невротизації кукси спинного мозку грудними спінальними нервами, лише в 1-го було відновлення рухів на 4 бали.

4 хворим із наслідками ушкодження поперекового потовщення спинного мозку проведена невротизація стегнового нерва запиральним. Показанням до такої операції була відсутність функції стегнового нерва, за даними клінічних та електрофізіологічних досліджень, та збереження функції запирального нерва не менш ніж 4 бали за шкалою ASIA. У всіх хворих після операції отримано відновлення функції чотириголового м'яза стегна в середньому на 3,5 бала.

Результати електрофізіологічних досліджень корелювали з клінічними даними. У групі хворих ASIA A середній показник амплітуди ВМП при ТМС (табл. 5) склав (0,09±0,01) мВ, що становило близько 7,1 % норми. Аналіз показників ТМС ми проводили лише у тих хворих групи А, у яких мало місце відновлення рухів. Середній показник кірко-

Таблиця 5. Динаміка показників ТМС під впливом проведеного відновного хірургічного лікування

Групи хворих за ASIA	Показники ТМС (m.tibialis anterior)					
	амплітуда М-відповіді мВ		латентність (мс)		час проведення (мс)	
	до операції	після операції	до операції	після операції	до операції	після операції
Група А	0	0,09±0,01	0	56,9±4,6	0	36,3±7,02
Група В	0,018±0,007	0,14±0,06	55,25±15	45,2±5,7	33,6±4,0	28,3±3,8
Група С	0,23±0,07	0,48±0,22	53,9±13,9	44,4±4,3	28,1±6,3	23,9±4,2
Група Д	0,57±0,09	0,83±0,13	46,7±7,2	42,6±5,2	24,5±3,7	19,9±2,4
	1,26		41,5		18,2	

вої латентності ВМП становив (56,9±4,6) мс, що в 1,37 раза перевищувало цей показник у нормі. Середній показник ЧЦМП склав (36,3±7,02) мс, що в 1,99 раза перевищувало нормативний показник.

У групі ASIA B ТМС дала такі результати. Амплітуда ВМП зросла в 7,8 раза і склала в середньому (0,14±0,06) мВ, що становить 11,1 % норми. Кіркова латентність ВМП зменшилась в 1,2 раза і в 1,1 раза перевищувала нормативний показник. ЧЦМП зменшився в 1,2 раза і становив (28,3±3,8) мс, що в 1,5 раза перевищувало значення цього показника в нормі.

У групі С при ТМС амплітуда ВМП зросла в 2,1 раза і становила (0,48±0,22) мВ, що склало 38,1 % норми. Латентність ВМП знизилась в 1,2 раза і становила (44,4±4,3) мс, що в 1,06 раза перевищувало норму. ЧЦМП зменшився в 1,2 раза і становив (23,9±4,2) мс, що в 1,3 раза перевищувало нормативний показник.

У групі Д при ТМС амплітуда ВМП зросла в 1,4 раза і склала (0,83±0,13) мВ, що становить 65,9 % норми. Латентність і ЧЦМП в цій групі хворих зменшились в 1,1 та 1,2 раза відповідно.

Обговорення. На сьогодні у відновній хірургії спинномозкової травми основним завданням є поліпшення якості життя хворих. На жаль, не існує жодної методики відновного лікування, яка б дозволила повністю відновити функції спинного мозку. Відновлення активних рухів у паретичних кінцівках є одним із найважливіших завдань відновного лікування хворих із наслідками травматичного ушкодження спинного мозку. Для реалізації цього завдання розроблено цілий ряд трансплантаційних методик [7, 13, 18], які добре зарекомендували себе в експерименті, але їх клінічне застосування лімітується морально-етичними та релігійними нормами. Наш досвід застосування трансплантації ембріональної нервової тканини (ТЕНТ) у хворих із наслідками ушкодження спинного мозку [2] свідчить про певну ефективність даного методу у хворих із частковим порушенням провідності (з 11 хворих, яким була виконана ТЕНТ, у 2 відновились рухи). Іншим напрямком розвитку відновної хірургії спинного мозку є застосування електростимуляційних методик. Експериментально доведено [14], що електрична стимуляція нервових структур приводить до деполяризації клітинної мембрани, що залежно від сили подразнення спричиняє виникнення місцевих потенціалів або потенціалів дії, які є основою для формування нервового імпульсу [9], в електричному полі прискорюється ріст аксонів, зменшується астроцитарна реакція на травму, астроцити формують свої відростки паралельно до ліній електричного поля, що дозволяє запобігти формуванню грубого гліального рубця в місці травми [11]. Ще одним фактором впливу електричного поля при травмі спинного мозку є стимуляція регенерації аксонів та індукція колатерального спраутингу [14]. Перші результати клінічного застосування методу епідуральної електростимуляції в гострий період травми спинного мозку [16] свідчать про високу ефективність даного методу лікування.

У своїй роботі ми дослідили, які фактори впливають на результати застосування електростимуляції спинного мозку після його травматичного ушкодження, та на підставі результатів електрофізіологічних досліджень спробували з'ясувати механізми впливу електростимуляції на перебіг відновних процесів. Основними факторами, що впливають на результат лікування, є давність та тяжкість травми спинного мозку. Відомо, що одразу після травми спинного мозку починаються регенераторні процеси, які проявляються ростом аксонів та активацією клітинних процесів у нервових клітинах [2, 8]. Ці регенераторні процеси супроводжуються споживанням великої кількості нейротрофічних факторів, що в нормі виробляються в нервовій системі [7, 18]. Якщо протягом певного часу регенеруючий аксон не досягає клітини-мішені, нейротрофічні фактори виснажуються і регенераторні процеси різко сповільнюються або зупиняються повністю [18]. Підтвердження цих експериментальних даних ми отримали в клінічній практиці: найкращі результати електростимуляції спинного мозку були у хворих, оперованих у період із 3 до 6 місяців (у 50 % пацієнтів рухи відновились більш ніж на 10 балів), дещо гірші – у хворих, оперованих до 2 років після травми (у 34 % пацієнтів рухи відновились більш ніж на 10 балів), і значно гірші у хворих, оперованих пізніше (лише у 16,7 % пацієнтів рухи покращились більш ніж на 10 балів). Очевидно, через 2 роки після травми активність регенераторних процесів різко знижується.

Найважливішим фактором, що впливав на результат епідуральної електростимуляції, була тяжкість травми. У групі хворих ASIA A суттєвого поліпшення рухів ми досягли лише у 5,7 %. Значно кращими були результати відновлення рухів у групі B: у 44 % хворих рухи відновились більш ніж на 10 балів. У пацієнтів із частково збереженими рухами у нижніх кінцівках епідуральна електростимуляція була ефективною в усіх хворих. При аналізі показників ТМС ми керувались такими твердженнями [1]: амплітуда ВМП вказує на кількість "м'язових одиниць" нижче місця ушкодження спинного мозку, що отримують центральну іннервацію; латентний період ВМП вказує на ступінь мієлінізації спінальних аксонів; ЧЦМП – показник, який вказує на ступінь порушення провідності ушкодже-

ним сегментом спинного мозку (тобто на кількість функціонуючих аксонів). Під впливом епідуральної електростимуляції в усіх групах хворих зростала амплітуда ВМП та знижувався ЧЦМП, що свідчить про збільшення кількості функціонуючих аксонів. Також в усіх групах, приблизно в 1,2 раза, скоротився латентний період ВМП, що вказує на поліпшення мієлінізації аксонів. Отже, електростимуляція сприяє збільшенню кількості функціонуючих аксонів, можливо, за рахунок відновлення потенціалу дії клітинної мембрани та покращує їх мієлінізацію. Очевидно, можливості електростимуляції у відновленні провідності спинного мозку обмежені кількістю аксонів із глибокими дистрофічно-дегенеративними змінами після травми. Чим тяжча травма, тим кількість таких аксонів більша, і відповідно, тим ефективність електростимуляції нижча.

У нашому дослідженні ми встановили, що операції, спрямовані на зниження спастичності, позитивно впливають на відновлення рухів. Із протиспастичних операцій ми виконували епідуральну анодальну електростимуляцію поперекового потовщення спинного мозку та поперекову DREZ-томію. У хворих із високою спастичністю тяжко визначити ступінь рухових порушень, тому що будь-які спроби активних рухів приводять до спазму м'язів і вимушеного положення кінцівки. Пацієнтів із відсутністю активних рухів при частково збереженій чутливості ми відносили в групу ASIA B, хоча, можливо, у цих хворих і є активні рухи, але їх неможливо побачити через спастичність. У хворих груп B і C операцією вибору для корекції спастичності було застосування анодальної електростимуляції поперекового потовщення як недеструктивного методу лікування. Цей метод дозволяє досягти гальмування гіперактивних мотонейронів і посилити супрасегментарний вплив на них [2, 14]. Із 12 пацієнтів, яким було застосовано анодальну електростимуляцію, у 8-ми ми отримали відновлення рухів у нижніх кінцівках, в одного з них до 33 балів. Після проведення операції поперекової DREZ-томії відновлення та поліпшення рухів ми отримали у 6 хворих із 17. Даний вид деструктивних хірургічних втручань ми виконували у пацієнтів групи ASIA A, у хворих зі спастичністю 4 бали та при поєднанні спастичності з невропатичним больовим синдромом.

При анатомічному перериві спинного мозку у 3 пацієнтів ми застосували метод невротизації каудальної кукси спинного мозку Th10 та Th11 міжреберними нервами. Даний метод лікування був запропонований ще М. Н. Бурденком [2], який отримав позитивний результат у відновленні функції сечового міхура у 3-х із 7-ми хворих. За даними інших авторів [19], невротизація кукси спинного мозку дозволяє відновити рухи у 45–50 % хворих. У нашому дослідженні в 1 хворого після операції рухи в нижніх кінцівках відновились до 6 балів (при нормі 50). Поліпшення функції сечового міхура мало місце у 2 пацієнтів.

Невротизація стегнового нерва запиральним виконана нами у 4 хворих. У всіх пацієнтів відзначено наслідки травми спинного мозку на рівні L1 хребця. Умовою проведення операції була збережена функція привідних м'язів стегна на рівні 4 бали за шкалою ASIA та функція чотириголового м'яза стегна на рівні 0–1 бал. У всіх хворих нами отримано відновлення функції чотириголового м'яза стегна, що дозволило відновити функцію ходи.

Висновки. 1. Епідуральна електростимуляція є ефективним методом корекції рухових порушень у хворих із частковим порушенням провідності спинного мозку після його травматичного ушкодження.

2. Результати відновлення рухів при застосуванні методу електростимуляції спинного мозку прямо пропорційні тяжкості та давності травми.

3. Хірургічні методи корекції спастичності позитивно впливають на відновлення та поліпшення рухів у хворих із наслідками травми спинного мозку.

4. Реконструктивні хірургічні втручання на периферичних нервах є ефективним методом відновлення рухів у хворих із наслідками травми корінців кінського хвоста.

5. Клініко-електрофізіологічне тестування дозволяє кількісно оцінити порушення провідникових функцій спинного мозку на доопераційному етапі і забезпечує об'єктивні критерії оцінки ефективності різних видів хірургічних втручань у хворих із наслідками травматичного ушкодження грудних та поперекових сегментів спинного мозку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Евтушенко С. К. Метод транскраниальной магнитной стимуляции: новые возможности в диагностике и лечении заболеваний нервной системы / С. К. Евтушенко, Н. Е. Казарян, В. А. Симонян // Нейронауки: теоретичні та клінічні аспекти. – 2006. – № 1. – С. 90–95.

2. Цимбалюк В. І. Реконструктивно-відновна хірургія спинного мозку / В. І. Цимбалюк, Ю. Я. Ямінський. – К. : Авіцена, 2009. – С. 59.

3. Восстановление функции спинного мозга: современные возможности и перспективы исследования / И. Н. Шевелев, А. В. Басков, Д. Е. Яриков, И. А. Борщенко // Вопросы нейрохирургии. – 2000. – № 3. – С. 32–39.

4. Dam-Hieu P. Experimental bypass surgery between the spinal cord and caudal nerve roots for spinal cord injuries / P. Dam-Hieu, S. Liu, M. Tadie // Neurochirurgie. – 2004. – Vol. 50. – P. 500–514.

5. Derlon J. M. Delayed spinal cord anastomosis. In: Spinal Cord Reconstruction / J. M. Derlon, R. Roy-Camille, B. Lechevalier / Ed. C. C. Kao, R. P. Bunge, P. J. Reier. – 1983. – Raven Press, New York. – P. 223–232.
6. Fehlings M. G. The role and timing of early decompression for cervical spinal cord injury: update with a review of recent clinical evidence / M. G. Fehlings, R. G. Perrin // Injury. – 2005. – Vol. 36. – P. 13–26.
7. The ability of human Schwann cell grafts to promote regeneration in the transected nude rat spinal cord / J. D. Guest, A. Rao, O. Olson [et al.] // Exp. Neurol. – 1997. – Vol. 148. – P. 502–522.
8. Advances in the management of spinal cord injury / R. Gupta, M. E. Bathen, A. D. Levi [et al.] // J. Am. Acad. Orthop. Surg. – 2010. – Vol. 18. – P. 210–222.
9. Hamid S. Role of electrical stimulation for rehabilitation and regeneration after spinal cord injury: an overview / Hamid S., Hayek R. // Eur. Spine. – 2008. – Vol. 17. – P. 1256–1269.
10. Complications in omentopexy and personal experience with 100 omentomyelopexies / M. Ignjatovic, V. Cuk, M. Bjelovic, Lj. Minic // Vojnosanit. Pregl. – 2001. – Vol. 58, № 6. – P. 585–593.
11. Facilitation of stepping with epidural stimulation in spinal rats: Role of Sensory Input / I. Lavrov, G. Courtine, C. Dy [et al.] // Journal of Neuroscience. – 2008. –Vol. 28. – P. 7774–7783.
12. Reinnervation of the neurogenic bladder in the late period of the spinal cord trauma / A. Livshits, A. Catz, Y. Folman [et al.] // Spinal Cord. – 2004. – Vol. 42. – P. 211–217.
13. Chronic spinal injury repair by olfactory bulb ensheathing glia and feasibility for autologous therapy / C. Munoz-Quiles, F. F. Santos-Benito, M. B. Llamusi, A. Ramon-Cueto // J. Neuropathol. Exp. Neurol. – 2009 – Vol. 68. – P. 1294–1308.
14. Oakley J. C. Spinal cord stimulation: mechanisms of action // J. C. Oakley, J. P. Prager / Spine. – 2002. – Vol. 27, № 22. – P. 2574–2583.
15. Rabinowitz R. S. Urgent surgical decompression compared to methylprednisolone for the treatment of acute spinal cord injury: a randomized prospective study in beagle dogs / R. S. Rabinowitz, J. C. Eck, C. M. Jr. Harper // Spine. – 2008. – Vol. 33. – P. 2260–2268.
16. Shapiro S. Oscillating field stimulation for complete spinal cord injury in humans: a Phase 1 trial / S. Shapiro, R. Borgens, R. Pascuzzi // J. Neurosurg. Spine. – 2005. – Vol. 2. – P. 3–10.
17. Peduzzi Spinal cord reconstruction using NeuroGel implants and functional recovery after chronic injury / S. Woerly, V. D. Doan, F. Evans-Martin [et al.] // J. Neurosci. Res. – 2001. – Vol. 15, № 66. – P.1187–1197.
18. Complete spinal cord injury treatment using autologous bone marrow cell transplantation and bone marrow stimulation with granulocyte macrophage-colony stimulating factor: Phase I/II clinical trial / S. Yoon, Y. Shim, Y. Park [et al.] // Eur. Spine J. – 2009. – Vol. 20. – P. 1456–1469.
19. Restoration of stepping-forward and ambulatory function in patients with paraplegia: rerouting of vascularized intercostal nerves to lumbar nerve roots using selected interfascicular anastomosis / S. Zhang, L. Johnston, Z. Zhang [et al.] // Surg. Technol. Int. – 2003. – Vol. 11. – P. 244–248.

Отримано 21.02.11