

Оригінальні статті

УДК 616-073.97:617.53:616-001:616.832-089.166

Чеботарьова Л. Л.¹, Третьякова А.І.¹, Ямінський Ю.Я.²

¹ Відділення функціональної діагностики, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України, Київ, Україна

² Відділення відновлювальної нейрохірургії, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України, Київ, Україна

Динаміка нейрофізіологічних показників у хворих з наслідками ушкодження шийного відділу спинного мозку під впливом епідуральної електростимуляції

Вступ. Одним з перспективних напрямків відновної хірургії спинного мозку вважають застосування методу епідуральної електростимуляції (ЕЕС).

Матеріали і методи. Проаналізовані результати лікування 80 пацієнтів (з них 90% — чоловіки, 10% — жінки) з наслідками ушкодження шийного відділу спинного мозку різної тяжкості. Використані клініко-неврологічний, нейровізуалізаційні та нейрофізіологічні (НФ) методи дослідження, у тому числі стимуляційна електронеуроміографія (ЕНМГ), викликані моторні потенціали (ВМП) на транскраніальну та спінальну магнітну стимуляцію.

Результати. При застосуванні методу ЕЕС у хворих з наслідками спінальної травми відзначене покращення провідності по кірково-спинномозкових шляхах, у 76 (95%) — досягнуте певне відновлення рухів у тій чи іншій групі м'язів. Встановлений прямий кореляційний зв'язок між результатами відновлення рухової функції після курсу ЕЕС за даними клінічної оцінки та показниками ВМП ($r=0,6$, $P<0,01$) у хворих різних груп.

Висновки. Клініко-НФ тестування дозволяє кількісно оцінити тяжкість порушення провідникових функцій спинного мозку на доопераційному етапі та забезпечує об'єктивні критерії оцінки ефективності хірургічних втручань у хворих з наслідками травматичного ушкодження шийного відділу спинного мозку.

Ключові слова: травма шийного відділу спинного мозку, епідуральна електрична стимуляція, діагностика, викликані моторні потенціали.

Вступ. Відновлення рухів у хворих з наслідками травматичного ушкодження спинного мозку є одним з основних чинників, що визначають здатність хворого до самообслуговування, його фізичну й соціальну адаптацію. Травма спинного мозку спричиняє інвалідизацію 90–95% хворих, навіть за умови своєчасної та адекватної медичної допомоги у гострому періоді. У 92–98% хворих з наслідками травми спинного мозку виявлять рухові порушення різної тяжкості [1, 2].

Одним з перспективних напрямків розвитку відновної хірургії спинного мозку є застосування методу ЕЕС [3, 4]. В експерименті доведено, що *in vitro* ріст аксонів нейробластів значно прискорюється в напрямку катоду [4, 5]. Електростимуляція зумовлює деполяризацію клітинних мембран та виникнення потенціалу дії, нервовий імпульс поширюється вздовж нервового волокна [5]. Адекватними методами оцінки функції сегментарних та провідникових структур спинного мозку є стимуляційна ЕНМГ [6, 7] та ВМП на транскраніальну і спінальну магнітну стимуляцію [8].

Одним з важливих напрямків застосування електростимуляції спинного мозку є відновлення функції органів таза у хворих з наслідками травми спинного мозку та його корінців [9].

Мета дослідження: вивчити вплив ЕЕС спинного мозку на показники ЕНМГ та ВМП у хворих з наслідками ушкодження шийного відділу спинного мозку.

Матеріали і методи дослідження. Проаналізовані результати лікування 80 пацієнтів з наслідками ушкодження шийних сегментів спинного мозку, оперованих в клініці відновлювальної хірургії у 2001–2011 р.

Переважали чоловіки — 72 (90%), жінок було 8 (10%). Вік хворих від 17 до 52 років, у середньому 32,7 року. З травмуючих чинників переважали пірнання — у 53 (66,2%) хворих, дорожньо-транспортна пригода — у 18 (22,5%), падіння з висоти — у 9 (11,3%).

За тяжкістю травми, яку визначали за шкалою ASIA, хворі розподілені таким чином: група А — повна відсутність рухів і чутливості — 36 (45%); група В — повністю або частково збережена чутливість, проте, відсутні рухи дистальніше місця травми — 31 (38,8%); група С — частково збережені рухи і чутливість, проте, більш ніж у половині ключових м'язів, розташованих нижче місця ушкодження, сила не перевищувала 3 балів — 10 (12,5%); група D — збережені рухи та чутливість, більш ніж у половині ключових м'язів, розташованих нижче рівня ушкодження, сила становила 3 бали і більше — 3 (3,8%); група E — нормальні рухи і чутливість (хворих групи E у дослідженні не було).

У 27 (33,8%) хворих, поряд з виконанням відновних хірургічних втручань, здійснені декомпресивно-стабілізуючі операції.

Використані наступні методи дослідження: клініко-неврологічний, рентгенологічні та нейровізуалізу-

ючі (функціональна спондилографія, КТ, МРТ), НФ. НФ-комплекс включав: 1) стандартну стимуляційну ЕНМГ [6, 7]; 2) ВМП на транскраніальну та спінальну магнітну стимуляцію [8].

НФ-дослідження проведені з використанням апаратів «Нейро-МВП-4» та «Нейро-МС» («Нейро-софт», РФ). Статистичний аналіз результатів дослідження проведений з використанням пакету програм Statistica 6 з обчисленням вибіркової середньої, помилки середньої; для визначення достовірності різниці показників у групах застосовані непараметричні методи: для бінарних ознак — критерій χ^2 ; для порівняння двох незалежних груп — метод Манна-Уїтні. Різницю вважали вірогідною за $P < 0,05$.

Для ЕЕС спинного мозку використовували радіочастотний електростимулятор, що складається з двох частин: електродів з приймальною антеною, які імплантують в тіло хворого під час операції, та власне електростимулятора, за допомогою якого здійснюють стимуляцію у післяопераційному періоді. Ми використовували прилад, створений співробітниками Інституту та інженерами наукової лабораторії Київського заводу «Квазар-мікро» (свідоцтво про державну реєстрацію № 7439/2008). ЕЕС проводили змінним струмом з частотою 25 Гц, напругою 13 Вт, силою струму 20 мА.

ЕЕС спинного мозку проводили на рівні ушкодження спинного мозку у поздовжньому напрямку, катод встановлювали на 1,5–2,5 см каудальніше аноду. Для ЕЕС використовували 2 пари електродів. Щоб встановити електроди, виконували двобічну дворівневу інтерламінектомію або ламінектомію. ЕЕС спинного мозку проводили тричі на добу. Тривалість одного сеансу від 2 до 10 хв, залежно від того, як хворий переносив процедуру.

НФ тестування проводили до початку ЕЕС та через 10–12 міс після її щоденного використання.

Результати та їх обговорення. У 76 (95%) хворих відзначено відновлення рухів в тій чи іншій групі м'язів. Для НФ оцінки відновлення рухів виділені 3 групи м'язів: 1 — м'язи верхньої кінцівки з частково порушеною функцією (найчастіше триголовий м'яз плеча, що отримує іннервацію переважно від C_{VII} сегмента, у кількох хворих оцінювали м'язи згиначі пальців і кисті); 2 — м'язи верхньої кінцівки за повністю втраченої функції (відвідний м'яз великого пальця кисті, іннервація від C_{VIII} – T_I сегментів); 3 — м'язи нижніх кінцівок (передній великогомілковий м'яз — у хворих за повного ушкодження спинного мозку; передній

великогомілковий м'яз і чотириголовий м'яз стегна — для хворих за його неповного ушкодження).

Під час оцінки результатів ВМП у хворих групи А з м'язів за часткового збереження функції для аналізу обирали той, що отримував іннервацію від найбільш дистальних сегментів спинного мозку з частково збереженою функцією. Наприклад, при збереженні функції розгиначів кисті та триголового м'яза плеча для аналізу використовували показники ВМП, отримані з триголового м'яза плеча. В **табл. 1** наведені показники транскраніальної магнітної стимуляції (ТМС) у хворих групи А (за шкалою ASIA) за ушкодження шийних сегментів спинного мозку.

Під впливом ЕЕС у хворих групи А збільшувалась амплітуда ВМП на кіркову стимуляцію, зменшувалась латентність кіркових ВМП, відзначена тенденція до нормалізації ЧЦМП. Це стосувалось як м'язів верхніх кінцівок за часткової втрати функції, так і м'язів, функція яких повністю втрачена. Показники ВМП з нижніх кінцівок теж покращились, проте, незначною мірою, тобто, клінічно значущого результату відновлення рухової функції не було.

Покращення показників ВМП у м'язах за часткового збереження функції клінічно проявлялось покращенням рухів у середньому на $(2,24 \pm 0,27)$ бала для одного м'яза ($P < 0,05$).

Покращення показників ВМП в групі м'язів за повної втрати функції до операції клінічно проявлялось покращенням рухів у середньому на $(2,27 \pm 0,52)$ бала для одного м'яза ($P < 0,05$).

При реєстрації ВМП з переднього великогомілкового м'яза до встановлення ЕЕС-системи у жодного хворого ВМП не зареєстровані. Після проведення ЕЕС у 4 хворих виявлені низькоамплітудні ВМП, проте, клінічно функціональний результат не досягнутий.

Для аналізу динаміки сегментарних рухових порушень проводили ЕНМГ дослідження обох верхніх кінцівок. Оцінювали динаміку НФ показників в ключових групах м'язів верхньої кінцівки: двоголового, триголового м'язах плеча, розгиначів кисті, згиначів пальців кисті. На сегментарному рівні за даними ЕНМГ після застосування ЕЕС амплітуда М-відповіді в усіх групах м'язів за втрати функції збільшилася у середньому на 20%, що опосередковано свідчило про збільшення кількості задіяних мотонейронів.

Таким чином, за результатами НФ досліджень до операції у хворих з наслідками ушкодження

Таблиця 1. Динаміка показників ВМП у хворих групи А при ушкодженні шийних сегментів спинного мозку

Показники ТМС		Величина показників у групах м'язів, (M±m)		
		м'язи верхніх кінцівок з частково збереженою функцією	відвідний м'яз великого пальця кисті	передній великогомілковий м'яз
Амплітуда кіркових ВМП	до ЕЕС	0,18±0,07	0,05±0,02	0
	після	0,53±0,1*	0,24*±0,11*	0,06±0,01
Латентність кіркових ВМП	до ЕЕС	23,55±4,3	34,2±6,9	0
	після	19,65±3,3*	27,68±4,3*	48,4±10,2
Час центрального моторного проведення (ЧЦМП), мс	до ЕЕС	31,4±10,2	44,7±8,4	0
	після	22,2±5,7*	31,0±4,6*	0

Примітка.* — різниця показників достовірна у порівнянні з такими до ЕЕС (за критерієм Манна-Уїтні, $P < 0,05$).

шийних сегментів спинного мозку відзначали грубі порушення проведення по кірково-спинномозкових шляхах, про що свідчили значне збільшення ЧЦМП та латентності кіркових ВМП, зниження збудливості проєкційної зони моторної кори (ВМП не реєстрували при розслабленні та умовному напруженні м'язів). За даними ЕНМГ периферійних нервів верхніх кінцівок виявлені лише незначні порушення їх провідності (показники латентності потенціалу дії м'язів та швидкості проведення імпульсів незначно відрізнялись від нормативних).

За результатами НФ досліджень, в групі В відзначали покращення всіх показників ВМП з м'язів верхніх кінцівок після лікування з застосуванням ЕЕС (табл. 2). На відміну від групи А, в групі В у 8 (23,5%) хворих при ТМС зареєстровані ВМП з переднього великогомілкового м'яза амплітудою у середньому 0,28 мВ, що становило 22% норми. У 5 з них відновились рухи в нижніх кінцівках, в 1 — функція ходьби.

Після проведеного лікування ЧЦМП перевищував нормативний показник у 3,3 разу.

При дослідженні показників ВМП з м'язів, що повністю втратили іннервацію після травми (відвідний м'яз великого пальця у хворих за uszkodження на рівні C_{VI} або більш проксимальних хребців), під впливом ЕЕС амплітуда ВМП становила 25,5% норми. ЧЦМП при реєстрації ВМП з цього м'яза зменшився в 1,5 разу і в 3,5 разу перевищував норму. Латентність кіркових ВМП зменшилась і в 1,2 разу перевищувала нормативний показник.

В групі С частково збережені рухи відзначали в усіх групах м'язів верхньої кінцівки та в деяких групах м'язів нижньої. Для аналізу результатів ВМП використовували показники, отримані з м'язів

згиначів пальців кисті, відвідного м'яза великого пальця кисті (як м'яза верхньої кінцівки з найбільш каудальною іннервацією) та переднього великогомілкового м'яза. Після лікування з застосуванням ЕЕС спостерігали позитивну динаміку всіх показників ВМП (табл. 3).

У 9 хворих групи С, у яких використовували метод ЕЕС, досягнуте відновлення і покращення рухів у нижніх кінцівках.

При ЕНМГ верхніх кінцівок у хворих після проведення лікування з застосуванням ЕЕС відзначено позитивну динаміку НФ показників в усіх групах м'язів ($P < 0,05$).

В групі D динаміка показників ВМП при ТМС та показників ЕНМГ була позитивною в усіх групах м'язів ($P < 0,05$). При ТМС амплітуда ВМП та ЧЦМП після ЕС наближались до норми, а показники латентності кіркових ВМП відрізнялись від таких у нормі у середньому в 1,2 разу.

При аналізі результатів корекції провідникових порушень після застосування методу ЕЕС в групі А вони були найгіршими. За даними ВМП в групах за неповного uszkodження спинного мозку під впливом ЕЕС відзначали покращення провідності по кірково-спинномозкових шляхах, що проявлялося нормалізацією збудливості проєкційної зони кори великого мозку, зменшенням ЧЦМП, латентності кіркових ВМП ($P < 0,05$). Ступінь цих змін однаковий в усіх групах, а отже, чим більшою була кількість збережених аксонів до операції, тим кращим було НФ- та клінічне відновлення. Ймовірно, відсутність відновлення провідникових функцій у хворих групи А пов'язана саме з відсутністю або дуже незначною кількістю функціонуючих аксонів в місці травми.

Таблиця 2. Динаміка показників ВМП у хворих групи В при uszkodженні шийних сегментів спинного мозку.

Показники ТМС		Величина показників у групах м'язів, (M±m)		
		м'язи верхніх кінцівок з частково збереженою функцією	відвідний м'яз великого пальця кисті	передній великогомілковий м'яз
Амплітуда кіркових ВМП	до ЕЕС	0,44±0,12	0,028±0,007	0,07±0,01
	після	0,87±0,27*	0,4±0,12*	0,28±0,13*
Латентність кіркових ВМП	до ЕЕС	28,2±5,13	34,23±6,3	51,9±9,5
	після	22,7±1,99*	24,77±2,99*	41,9±9,0*
Час центрального моторного проведення (ЧЦМП), мс	до ЕЕС	25,3±6,7	39,6±9,4	48,4±8,1
	після	19,7±6,5	25,5±5,3*	32,2±5,5*

Примітка.* — різниця показників достовірна у порівнянні з такими до ЕЕС (за критерієм Манна-Уїтні, $P < 0,05$).

Таблиця 3. Динаміка показників ТМС у хворих групи С при uszkodженні шийних сегментів спинного мозку.

Показники ТМС		Величина показників у групах м'язів, (M±m)		
		м'язи верхніх кінцівок з частково збереженою функцією	відвідний м'яз великого пальця кисті	передній великогомілковий м'яз
Амплітуда кіркових ВМП	до ЕЕС	0,51±0,3	0,29±0,09	0,14±0,01
	після	0,88±0,23*	0,63±0,15*	0,43±0,14*
Латентність кіркових ВМП	до ЕЕС	27,3±0,8	30,62±3,28	47,5±4,8
	після	22,5±0,43*	23,77±2,47*	39,91±8,18*
Час центрального моторного проведення (ЧЦМП), мс	до ЕЕС	32,4±11,8	36,67±4,83	52,76±0,5
	після	21,7±4,2*	22,55±5,85*	34,5±3,2*

Примітка.* — різниця показників достовірна у порівнянні з такими до ЕЕС (за критерієм Манна-Уїтні, $P < 0,05$).

Встановлений прямий кореляційний зв'язок між результатами клінічної оцінки відновлення рухів та показниками ВМП ($r=0,6$, $P<0,01$).

У хворих за повного ушкодження спинного мозку ЕЕС ефективна лише щодо сегментарних рухових порушень, за неповного ушкодження — для корекції як сегментарних, так і провідникових рухових порушень.

Висновки. 1. ЕЕС є ефективним методом корекції рухових порушень у хворих з наслідками ушкодження шийних сегментів спинного мозку та за часткового порушення провідності спинного мозку.

2. Результати відновлення рухів при застосуванні методу ЕЕС спинного мозку обернено пропорційні тяжкості травми.

3. Клініко-НФ тестування дозволяє кількісно оцінити тяжкість порушення провідникових функцій спинного мозку на доопераційному етапі, забезпечує об'єктивні критерії оцінки ефективності хірургічних втручань у хворих з наслідками травматичного ушкодження шийних сегментів спинного мозку в динаміці.

Список літератури

1. 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. — V.36. — P.13–26.
2. 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. Harper // *Spine*. — 2008. — V.33. — P.2260–2268.
3. Hamid S. Role of electrical stimulation for rehabilitation and regeneration after spinal cord injury: an overview / S. Hamid, R. Hayek // *Eur. Spine*. — 2008. — V.17. — P.1256–1269.
4. Facilitation of stepping with epidural stimulation in spinal rats: Role of sensory input / I. Lavrov, G. Courtine, C. Dy [et al.] // *J. Neurosci*. — 2008. — V.28. — P.7774–7783.
5. Oakley J.C. Spinal cord stimulation: mechanisms of action / J.C. Oakley, J. P. Prager // *Spine*. — 2002. — V.27, N22. — P.2574–2583.
6. 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.
7. Зенков Л.Р. Функциональная диагностика нервных болезней: руководство для врачей / Л.Р. Зенков, М.А. Ронкин. — М.: МЕДпресс-информ, 2004. — С.261–312.
8. Никитин С.С. Методические основы транскраниальной магнитной стимуляции в неврологии и психиатрии: руководство для врачей / С.С. Никитин, А.Л. Куренков. — М.: ООО «ИПЦ МАСКА», 2006. — 167 с.
9. Цимбалюк В.І. Реконструктивно-відновна хірургія спинного мозку / В.І. Цимбалюк, Ю.Я. Ямінський. — К.: Авіцена, 2009. — 59 с.

Надійшла до редакції 19.07.12

Прийнята до публікації 12.10.12

Адреса для листування:

Третякова Альбіна Ігорівна
04050, Київ, вул. Платона Майбороди, 32
Інститут нейрохірургії
ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України,
відділення функціональної діагностики
e-mail: alia_t@mail.ru

Чеботарева Л.Л.¹, Третьякова А.И.¹, Яминский Ю.Я.²

¹ Отделение функциональной диагностики, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины, Киев, Украина

² Отделение восстановительной нейрохирургии, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины, Киев, Украина

Динамика нейрофизиологических показателей у больных с последствиями повреждения шейного отдела спинного мозга под влиянием эпидуральной электростимуляции

Вступление. Одним из перспективных направлений восстановительной хирургии спинного мозга считают применение метода эпидуральной электростимуляции (ЭЭС).

Материалы и методы. Проанализированы результаты лечения 80 пациентов (из них 90% — мужчины, 10% — женщины) с последствиями повреждения шейного отдела спинного мозга различной тяжести. Использованы клиничко-неврологический, нейровизуализационные и нейрофизиологические (НФ) методы исследования, в том числе вызванные моторные потенциалы (ВМП).

Результаты. При применении метода ЭЭС отмечено улучшение проводимости по корково-спинномозговым путям, у 76 (95%) — достигнуто восстановление движений в той или иной группе мышц. Установлена прямая корреляционная связь между результатами восстановления двигательной функции после курса ЭЭС по данным клинической оценки и показателями ВМП ($r = 0,6$, $P < 0,01$) больных различных групп.

Выводы. Клиничко-НФ тестирование позволяет количественно оценить тяжесть нарушения проводящих функций спинного мозга на дооперационном этапе и обеспечивает объективные критерии оценки эффективности хирургических вмешательств у больных с последствиями травматического повреждения шейного отдела спинного мозга.

Ключевые слова: травма шейного отдела спинного мозга, эпидуральная электрическая стимуляция, диагностика, вызванные моторные потенциалы.

Поступила в редакцию 19.07.12
Принята к публикации 12.10.12

Адрес для переписки:

Третьякова Альбина Игоревна
04050, Киев, ул. Платона Майбороды, 32
Институт нейрохирургии
им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины,
отделение функциональной диагностики
e-mail: alia_t@mail.ru

Chebotaryova L.L.¹, Tretyakova A.I.¹, Yaminskiy Yu.Ya.²

¹ Department of Functional Diagnostics, Institute of Neurosurgery named after acad. A.P. Romodanov NAMS Ukraine, Kiev, Ukraine

² Restorative Neurosurgery Department, Institute of Neurosurgery named after acad. A.P. Romodanov NAMS Ukraine, Kiev, Ukraine

Dynamics of neurophysiological parameters in patients with consequences of cervical spine injury under epidural electrostimulation

Introduction. Method of epidural electrostimulation (EES) is considered to be one of the most promising areas of renewing surgery of the spinal cord.

Materials and methods. The results of treatment of 80 patients (90% — men, 10% — women) with consequences of cervical spine injury of different severity were analyzed. Clinical and neurological, neurophysiological (NPh) methods, including electroneuromyography (ENMG) and motor evoked potentials (MEP) registration were used.

Results. Using EES method in patients with spinal trauma consequences the improvement of cortical-spinal conductivity was achieved, in 76 (95%) — certain renewing of movement in a particular group of muscles. A direct correlation between results of motor recovery after EES according to clinical evaluation and MEP indices was found ($r=0,6$, $P < 0,01$) in patients from different groups.

Conclusions. Clinical and NPh tests allow to estimate quantity of spinal cord conducting functions disorders before operation and provides objective criteria for evaluation of surgery effectiveness in patients with consequences of cervical spine injury.

Key words: cervical spine trauma, epidural electrostimulation, diagnostics, evoked motor potentials.

Received July 19, 2012

Accepted October 12, 2012

Address for correspondence:

Albina Tretyakova
04050, 32, Platon Mayboroda st., Kiev, Ukraine
Institute of Neurosurgery
named after acad. A.P. Romodanov NAMS Ukraine,
Department of Functional Diagnostics
e-mail: alia_t@mail.ru