

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДИКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ МЕХАНОТЕРАПИИ У БОЛЬНЫХ С ТРАВМОЙ СПИННОГО МОЗГА

УДК 616-78

Даминов В.Д.: главный специалист по медицинской реабилитации, д.м.н.;

Уварова О.А.: заведующая отделением медицинской реабилитации, к.м.н.

ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н.И. Пирогова» Минздрава РФ, г. Москва, Россия.

NEUROPHYSIOLOGICAL PREDICTORS OF EFFECTIVENESS OF ROBOTIC MECHANOTHERAPY OF PATIENTS WITH SPINAL CORD INJURY

Daminov V.D., Uvarova O.A.

Введение

У больных с последствиями травмы спинного мозга (ПТСМ) ведущим синдромом, определяющим тяжесть состояния, функциональные ограничения и инвалидность являются двигательные нарушения, обусловленные центральным параличом. Соответственно страдает мобильность и бытовая активность, развиваются проблемы психологического характера (депрессия, тревожность, ипохондрия) и осложнения, обусловленные гиподинамией и невозможностью поддержания вертикального положения (пневмония, мочевиная инфекция, тромбозы вен нижних конечностей и тромбоэмболия легочной артерии, остеопороз, спастичность и мышечные контрактуры, трофические нарушения и пролежни) [1, 2].

Поэтому поиск методов лечения, позволяющих эффективно уменьшить медицинские и социальные последствия травматических поражений спинного мозга, является одним из приоритетных направлений неврологии [1–5].

Определение реабилитационного потенциала пациента является важнейшей задачей построения процесса восстановительного лечения [6, 7].

Цель исследования

Оценить возможность использования комплекса нейрофизиологических методов (вызванные потенциалы, транскраниальная магнитная стимуляция) в качестве предикторов эффективности восстановления нарушенных двигательных функций у больных с последствиями травмы спинного мозга под влиянием роботизированной механотерапии.

Материал и методы

В период с 2006 по 2013 год обследовано 437 пациентов (262 мужчины и 175 женщин) от 18 до 60 лет (средний возраст $31,3 \pm 0,32$ года) в промежуточном периоде позвоночно-спинномозговой травмы (средние сроки после травмы $2,3 \pm 0,04$ месяца) с синдромом полного и неполного нарушения проводимости спинного мозга (СМ). С травмой шейного отдела (С5–С8) было 68% пациентов, грудного отдела – 22%, поясничного и крестцового – 10%. Всем больным были проведены декомпрессивно-стабилизирующие оперативные вмешательства, с применением различных методов коррекции и стабилизации позвоночника.

Распределение пациентов на основную (n=214) и контрольную (n=223) группы было проведено с применением последовательной рандомизации.

Кинезотерапия включала в себя занятия лечебной гимнастикой, ортезирование, тренировки на циклических тренажерах. После возможности осевой нагрузки на позвоночник, проводили активную мобилизацию на роботизированном комплексе Эриго, либо на классическом поворотном столе. Комплексная физиотерапия была направлена на стимуляцию нейро-мышечного аппарата, коррекцию мышечного тонуса, регуляцию функции тазовых органов.

После того, как у пациента появляется способность находиться в вертикальном положении не менее 30 минут, при отсутствии противопоказаний в программы двигательной реабилитации, мы добавляли метод восстановления функции ходьбы на роботизированном комплексе «Локомат».

Программы реабилитации пациентов основной и контрольной групп отличались лишь по одному компоненту – отсутствию в программах реабилитации пациентов контрольных групп роботизированной механотерапии.

Клиническая картина оценивалась по жалобам, анамнезу, соматическому и неврологическому статусу. Для оценки степени нарушения проводимости спинного мозга применяли шкалу Американской Ассоциации Спинальной травмы (ASIA). Мобильность пациента и необходимость использования вспомогательных средств передвижения оценивалась с применением индекса ходьбы Хаузера.

Изучение функции моторной и сенсорной коры проводилось методом транскраниальной магнитной стимуляции (ТКМС) и методом анализа соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП). Регистрация получаемых ответов проводилась на компьютерном электромиографе «Нейро-МВП-Микро» («Нейрософт, Россия»). Стимуляция проводилась магнитным стимулятором «Нейро-МС» («Нейрософт», Россия) с использованием большого кольцевого индуктора. Комплексное клинико-инструментальное обследование проводили на 21 и 42-й день непрерывной реабилитации и в отдаленном периоде – через 6 месяцев.

Статистический анализ полученных результатов проводился с помощью пакета прикладных компью-

терных программ SPSS 10.0. Достоверность различий средних значений полученных показателей определялась с помощью критерия Стьюдента, частоты встречаемости признака – по точному методу Фишера, а изменения характера распределений значений того или иного параметра – с помощью критерия χ^2 Пирсона. Для оценки предикторов эффективности медицинской реабилитации проводился корреляционный, дисперсионный и регрессионный анализы.

Результаты и их обсуждение

До начала реабилитации рангу А по шкале ASIA соответствовало 12% пациентов, рангу В – 14% пациентов, рангу С – 64%, рангу Д – 10% пациентов. Двигательные расстройства были представлены, в зависимости от уровня и степени повреждения спинного мозга, периферическими парезами различных мышечных групп верхних конечностей и нижним спастическим парапарезом различной степени выраженности. До начала реабилитации степень нижнего парапареза у пациентов с синдромом неполного нарушения проводимости спинного мозга (ранг В, С, Д) была следующая: у пациентов с цервикальной травмой $2,42 \pm 0,11$ балла, у пациентов с травмой грудного отдела – $2,60 \pm 0,12$, у пациентов с травмой поясничного и крестцового отделов – $2,78 \pm 0,14$ баллов. У пациентов с синдромом полного нарушения проводимости спинного мозга (ранг А) независимо от уровня поражения определялась нижняя параплегия. До начала реабилитации 20% больных рангов В, С, Д соответствовали градации 9 «Индекса Ходьбы Хаузера» (были прикованы к инвалидной коляске; не могли с ее помощью перемещаться самостоятельно, и находиться в вертикальном положении в колено-упоре с посторонней помощью), 70% – соответствовали градации 8 (могли с помощью коляски перемещаться самостоятельно), 10% – градации 7 (могли сделать несколько шагов с двусторонней поддержкой, могли самостоятельно принять вертикальное положение и находиться в нем более 30 минут). Среди больных ранга А – 53% соответствовали градации 9, ни один из них не был адаптирован к вертикальному положению, и 47% – градации 8.

Основными нейрофизиологическими показателями сохранения проводимости спинного мозга являются наличие ТМС-ответа в покое и при фасилитации, и время центрального моторного проведения (ВЦМП) в покое и при фасилитации (табл. 1).

До начала реабилитации у всех пациентов, соответствующих рангу А по шкале ASIA ТМС ответ не выявлен. У большинства (80%) пациентов основной и контрольной групп с неполным нарушением проводимости (ASIA В, С, Д) ТМС-ответ выявлялся и в покое, и при фасилитации, у 30% – только при фасилитации. При этом средние показатели ВЦМП существенно не отличались в основной и контрольной группах, что говорит об однородности выборки.

Благодаря реабилитационным мероприятиям произошли достоверные изменения проводимости спинного мозга по шкале ASIA. В основной группе после 1 этапа у 2% пациентов категории ASIA А появились чувствительность и произвольные движения в ногах. У пациентов с неполным перерывом спинного мозга (ASIA В, С, Д) количество пациентов ранга В уменьшилось на 8%, С на 14%, Д увеличилось на 24%. В группе контроля произвольные движения появились лишь у 1% пациентов категории ASIA А, что в 2 раза меньше, чем в основной группе.

После курса РМ на «Локомат», и в отдаленном периоде так же отмечена позитивная динамика восстановления двигательных функций. Полученные данные свидетельствуют, что спустя 6 месяцев продолжается восстановление двигательных функций в большинстве ключевых мышц ниже уровня поражения у больных, получавших на 1 и 2 этапах реабилитации РМ. В группе контроля ASIA В, С, Д, в результате реабилитации, не содержащей РМ, тоже произошли позитивные изменения, не достигающие, однако, достоверных различий.

Установлена большая эффективность РМ в отношении уменьшения степени нижнего парапареза, чем традиционной кинезиотерапии. При этом достоверно значимые изменения отмечены у больных с различными уровнями повреждения, а в группе контроля – только в случае травмы грудного отдела.

Изменения мобильности и потребности пациентов во вспомогательных средствах передвижения по Индексу ходьбы Хаузера выявило преимущество роботизированной ходьбы на комплексе Локомат перед традиционными методами кинезотерапии (таблица 2).

После 1 этапа реабилитации с применением РМ у 2% пациентов с изначально диагностированным полным перерывом спинного мозга (ASIA А) появился ТМС-ответ при фасилитации. В группе контроля таких изменений не отмечено. У пациентов с неполным перерывом спинного мозга (ASIA В, С, Д) частота ТМС-ответа в покое увеличилась на 8% в основной группе и на 4% в группе контроля.

После 2-го этапа реабилитации частота появления ТМС-ответа у больных категории ASIA А была вдвое выше у пациентов основной группы, как в покое, так и при фасилитации. У пациентов с неполным перерывом спинного мозга (ASIA В, С, Д) частота ТМС-ответа в покое увеличилась на 10%, а в группе контроля – на 6% от исходных значений. ВЦМП после каждого этапа реабилитации достоверно значимо снижалось только под влиянием роботизированной механотерапии (таблица 3).

Через 6 месяцев сохранялись позитивные изменения основных параметров ТКМС у больных, получавших на 1 и 2 этапах реабилитации РМ, свидетельствующие о том, что и в отдаленном периоде продолжается восстановление двигательных функций.

Таблица 1. Основные параметры ТКМС (*m. tibialis anterior*) у больных основной и контрольной групп с последствиями травмы спинного мозга до начала лечения.

Параметры	ASIA А		ASIA В, С, Д	
	Основная	Контроль	Основная	Контроль
ТМС – ответ в покое	-	-	-/+	-/+
ТМС – ответ при фасилитации	-	-	+	+
ВЦМП в покое (мс)	-	-	$36,3 \pm 1,02$	$38,5 \pm 1,14$
ВЦМП при фасилитации (мс)	-	-	$29,1 \pm 0,81$	$32,0 \pm 0,92$

Анализ предикторов эффективности применения различных методов реабилитации пациентов с ПТСМ был проведен с использованием специальных методов статистического анализа, включавших алгоритмы анализа дисперсий, корреляционный анализ и регрессионные модели.

Проведение множественного регрессионного анализа позволило установить ряд закономерностей (табл. 4).

Для того чтобы статистически оценить эффективность предикторов, мы были вынуждены сокра-

тить число результирующих признаков до разумного минимума и выбрали наиболее значимые из них: тяжесть двигательных нарушений и мобильность по шкале Хаузера.

Выявлено, что у пациентов с последствиями травмы спинного мозга: факторами, определяющими эффективность применения роботизированной механотерапии, являются тяжесть травмы и степень нарушения нейрофизиологических параметров проводимости спинного мозга (табл. 5).

Таблица 2. Изменения мобильности и потребности во вспомогательных средствах передвижения после курса роботизированной ходьбы на комплексе Локомат.

№ группы	Оценка мобильности и потребности во вспомогательных средствах передвижения (градации)				Критерий Пирсона χ^2
	До курса		После курса		
	Градация	%	градация	%	
Основная ASIA B, C, Д	9	20	9	5	22,8 (p<0,01)
	8	70	8	29	
			7	49	
			6	9	
	7	10	5	3	
4	5				
Основная ASIA A	9	53	9	27	13,4 (p<0,05)
	8	47	8	73	
Контроль ASIA B, C, Д	9	22	9	18	9,68 (p>0,05)
	8	68	8	49	
			7	20	
	7	10	6	9	
5			4		
Контроль ASIA A	9	60	9	40	13,7 (p<0,05)
	8	40	8	60	

Таблица 3. Время центрального моторного проведения при ТКМС (*m.tibialis anterior*) у больных основной и контрольной групп с травмой спинного мозга на различных этапах реабилитации.

Параметры	После 1 этапа (21-е сутки)		После 2 этапа (42-е сутки)		Отдаленный период (через 6 месяцев)	
	Основная	Контроль	Основная	Контроль	Основная	Контроль
ВЦМП в покое (мс)	36,2±0,29	36,9±0,28	32,3±0,30*	36,2±0,37	30,1±0,31*	36,3±0,36*
ВЦМП при фасилитации (мс)	29,3±0,27	30,2±0,31	26,6±0,29*	30,5±0,32	24,4±0,28*	30,6±0,32

Таблица 4. Регрессионные модели оценки предикторов эффективности медицинской реабилитации больных с травмой спинного мозга ($Y=k_1X_1 + k_2X_2 + \dots + k_nX_n$).

Результирующий признак (Y)	Возраст (X ₁)	Тяжесть травмы (шкала ASIA) (X ₂)	Нейрофизиологические показатели проводимости спинного мозга		Точность прогноза
			ВЦМП _п (X ₃)	ВЦМП _ф (X ₄)	
<i>Контрольная группа</i>					
Тяжесть двигательных нарушений	0,06	0,35*	0,24*	0,22*	62%
<i>Основная (исследовательская) группа</i>					
Мобильность (индекс ходьбы Хаузера)	0,05	0,37*	0,23*	0,23*	91%

Примечание: звездочкой и жирным шрифтом выделены достоверные значения коэффициентов регрессионного уравнения.

Таблица 5. Коэффициенты корреляции результирующих признаков с кандидатами в предикторы эффективности лечения больных с последствиями травмы спинного мозга.

Показатели	Тяжесть двигательных нарушений	Мобильность (индекс ходьбы Хаузера)
Возраст	-0,31*	-0,20
Тяжесть травмы (шкала ASIA)	-0,82***	-0,91***
ТМС	-0,86***	-0,80***
ВЦМП	-0,67**	-0,63*

Примечание: надстрочными индексами показана вероятность ошибки коэффициента корреляции (* - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$).

Выводы

У пациентов с последствиями травмы спинного мозга основными прогностическими факторами, определяющими скорость восстановления нарушенных функций под влиянием роботизированной механотерапии, являются тяжесть травмы и изменение проводимости спинного мозга по данным ТКМС, исходное состояние которых определяет до 81% эффективности

медицинской реабилитации с точностью прогноза от 62 до 91%.

Разработанный новый комплексный клинично-нейрофизиологический подход к оценке выраженности функциональных нарушений может быть использован при оценке эффективности проводимого восстановительного лечения, а также для определения реабилитационного потенциала пациента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Даминов В.Д., Зими́на Е.В., Уварова О.А., Кузнецов А.Н. Роботизированная реконструкция ходьбы у больных в промежуточном периоде позвоночно-спинномозговой травмы // Вестник восстановительной медицины. – 2009. – № 3 (31). – С. 62–64.
2. Даминов В.Д., Зими́на Е.В., Кузнецов А.Н. Роботизированные технологии физической реабилитации спортсменов с последствиями травм спинного мозга // Вестник восстановительной медицины. – 2010. – № 4. – С. 75–77.
3. Даминов В.Д. Роботизированная локомоторная терапия в нейрореабилитации // Вестник восстановительной медицины. – 2012. – №1. – С. 57–62.
4. Daminov V., Zimina E., Uvarova O., Kuznetsov A. Rehabilitation of sportsmen with robotic reconstruction walk in the first months after spinal cord injury // Abstracts of 1-st NeuroRehabilitation Congress. - Merano, 2011. – P. 20 (P017).
5. Daminov V., Zimina E. Rehabilitation of sportsmen with robotic reconstruction walk after spinal cord injury // European journal of physical and rehabilitation medicine // Vol. 48 – Suppl. 1 to No. 2, June 2012, P.227
6. Иванова Г.Е. Медицинская реабилитация в России. Перспективы развития. // Вестник восстановительной медицины. – 2013. – № 5. – С. 3–8.
7. Бобровицкий И.П., Лебедева О.Д., Яковлев М.Ю. Применение аппаратно-программного комплекса оценки функциональных резервов для анализа эффективности лечения // Вестник восстановительной медицины. – 2011. – № 6. – с.7–9.

РЕЗЮМЕ

В работе представлен анализ данных комплексного обследования 437 пациентов (262 мужчины и 175 женщин) от 18 до 60 лет (средний возраст $31,3 \pm 0,32$ года) в промежуточном периоде позвоночно-спинномозговой травмы (средние сроки после травмы $2,3 \pm 0,04$ месяца) с синдромом полного и неполного нарушения проводимости спинного мозга (СМ). В реабилитации больных применялись локомоторные роботы Эриго и Локомат.

Комплексное клиническое и нейрофизиологическое (ТКМС и ВП) обследование проводили на 6-й, 21-й и 42-й день спинальной травмы, и в отдаленном периоде – через 6 месяцев. Установлено, что у пациентов с последствиями травмы спинного мозга основными предикторами восстановления двигательных функций под влиянием роботизированной механотерапии являются тяжесть травмы и изменение проводимости спинного мозга по данным ТКМС с точностью прогноза от 62 до 91%.

Предложенный комплексный клинично-нейрофизиологический подход может быть использован для определения реабилитационного потенциала пациентов с травматическим повреждением спинного мозга.

Ключевые слова: спинальная травма, роботизированная механотерапия, локомат, реабилитационный потенциал, предикторы восстановления, транскраниальная магнитная стимуляция, вызванные потенциалы.

ABSTRACT

The paper presents a comprehensive analysis of the survey 437 patients (262 men and 175 women) from 18 to 60 years (age $31,3 \pm 0,32$ years) in the interim period of spinal cord injury (average time after injury $2,3 \pm 0,04$ months) with a syndrome of complete and incomplete spinal cord conduction disorders. In the rehabilitation of patients used locomotor robots Erigo and Lokomat.

Complex clinical and neurophysiological (TMS and EP) survey was carried out on the 6, 21, and 42 day of spinal cord injury, and in the long term – 6 months. It was established, that in patients with consequences of spinal cord injury, the main predictors of recovery of motor function under the influence of robotic mechano are severity of injury and the change in conductivity of the spinal cord according TMS forecast with accuracy from 62 to 91%.

The proposed integrated clinical and neurophysiological approach can be used to determine the rehabilitation potential of patients with traumatic spinal cord injury.

Keywords: spinal trauma, robot mechanic, Lokomat, rehabilitation potential, predictors of recovery, transcranial magnetic stimulation, evoked potentials.

Контакты:

Даминов Вадим Дамирович. E-mail: daminov07@mail.ru