

УДК 616-082

СТИМУЛЯЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЯ В ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕХАНИЗМА ЛЕЧЕБНОГО ДЕЙСТВИЯ АДАПТИВНОГО БИОУПРАВЛЕНИЯ У БОЛЬНЫХ ТРАВМАТИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СПИННОГО МОЗГА

© 2014 Л. П. Богданова

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Целью работы было изучение механизма лечебного действия метода адаптивного биоуправления с использованием зрительной и слуховой обратной связи для восстановления нарушенных движений у больных травматической болезнью при осложнённом переломе позвоночника на основе данных об изменениях электрофизиологических свойств мышц и спинальных мотонейронов, вовлечённых в патологический процесс. Было обследовано 64 больных в первый месяц после травмы. Возраст больных был от 19 до 40 лет, средний возраст составил 28,3 года. Мужчин было 40 и женщин – 24. Всем больным проведено полное ортопедотравматологическое, неврологическое, лабораторное, рентгенологическое, электрокардиографическое обследование. По показаниям выполняли электроэнцефалографию. Дополнительно была проведена глобальная и стимуляционная электромиография. После занятия адаптивным биоуправлением у больных отмечали повышение суммарной возбудимости спинальных мотонейронов в 2,2 раза. Возросла степень вовлечения альфа-БМН в 2,5 раза и альфа-ММН в 1,6 раза. Увеличилась чувствительность первичных мышечных окончаний на 64,5%. Практически не изменилась степень затухания спинального рефлекса при его повторном вызывании.

Перелом позвоночника, травматическая болезнь спинного мозга, электромиография, адаптивное биоуправление.

Первые данные об успешном применении методов адаптивного биоуправления при спинальной травме относятся к 70-м годам двадцатого столетия, когда были описаны случаи достижения хорошего клинического эффекта у больного с повреждением шейного отдела позвоночника и спинного мозга. Уже после первых работ [4, 5] стало ясно, что адаптивное биоуправление особенно эффективно в лечении двигательных расстройств, так как оно искусственным образом позволяет «насыщать» дополнительную информацией регулятивные системы мозга и способствует полезной перестройке их деятельности. Обучение отдельных систем и функций, как всякий рефлекторный акт, отражает адаптивное поведение организма. Изменчивость физиологических функций позволяет осуществлять их обучение.

Путём стимуляции или снижения активности функций с помощью обратной связи осуществляется их регулирование, которое заключается в усилении сенсор-

ного контроля. Это ведёт к перестройке центральных механизмов регуляции в заданном направлении из-за активной мобилизации функциональных резервов мозга и устанавливает новый режим деятельности [2, 3, 8].

Сегодня явно недостаточно научно обоснованных данных по патофизиологии двигательных нарушений, что отрицательно сказывается на подборе и разработке эффективных методов лечения пострадавших с двигательными нарушениями [8].

Целью работы было изучение механизма лечебного действия метода адаптивного биоуправления с использованием зрительной и слуховой обратной связи у больных травматической болезнью спинного мозга на основе данных об изменениях электрофизиологических свойств мышц и спинальных мотонейронов, вовлечённых в патологический процесс.

Было обследовано 64 больных в первый месяц после травмы. Возраст больных был от 19 до 40 лет, средний воз-

раст составил 28,3 года. Мужчин было 40 и женщин – 24.

Всем больным проведено полное ортопедотравматологическое, неврологическое, лабораторное, рентгенологическое, электрокардиографическое обследование. По показаниям выполняли электроэнцефалографию. Дополнительно была проведена электромиография глобальная и стимуляционная [2, 3, 8].

У всех больных были закрытые травмы позвоночника, что характерно для травм мирного времени [6, 8]. В клинической картине больных определялись отсутствие движений и чувствительности в ногах, нарушение функции тазовых органов по типу недержания, затруднение дыхания. Рентгенологически установлено наличие стабильных повреждений в 55 случаях. У 53 больных был диагностирован ушиб спинного мозга без сдавления и у 11 – со сдавлением спинного мозга, которым были проведены декомпрессирующие операции с последующей стабилизацией позвоночника.

В зависимости от применения методик лечения все пострадавшие были распределены по полу, возрасту и степени повреждения на две репрезентативные группы. У 40 пациентов основной группы был применён метод адаптивного биоуправления. Группу сравнения составили 24 пострадавших, лечение которых проводили общепринятым методом. Для сравнения были изучены показатели элек-

трофизиологических характеристик мышц у 120 практически здоровых людей.

Электромиографические исследования проводили на электромиографе «Viking Quest» фирмы Nicolett со стандартным набором электродов в постоянных микроклиматических условиях в строго определённое время суток - с 10 до 13 часов [2, 3, 10, 11]. Определялись следующие показатели стимуляционной электромиографии: максимальные амплитуды моносинаптического Н-рефлекса и мышечного М-ответа, величина Н-рефлекса при половине величины М-ответа, степень затухания Н-рефлекса при ритмической стимуляции. Кроме того, рассчитывались отношение максимальных амплитуд Н-рефлекса и М-ответа, степень вовлечения в рефлекторный ответ фазических альфа-больших мотонейронов (БМН) и тонических альфа-малых мотонейронов (ММН) [9].

При обработке результатов клинико-электрофизиологических исследований применяли параметрические и непараметрические статистические методы. Выявленные закономерности и связи изучаемых параметров между группами и признаками были значимыми при вероятности безошибочного прогноза ($p < 0,05$).

Для контроля были обследованы 120 практически здоровых людей в возрасте от 20 до 40 лет. Результаты стимуляционной электромиографии представлены в табл.1.

Таблица 1. Показатели стимуляционной электромиографии здоровых людей

Показатели	Значения показателей
Суммарная возбудимость спинальных мотонейронов	57,0±4,3
Степень вовлечения в рефлекторный ответ альфа-БМН	69,2 ± 3,6
Степень вовлечения в рефлекторный ответ альфа-ММН	53,0 ± 3,4
Степень депрессии Н-рефлекса	36,0 ± 0,6
Чувствительность первичных мышечных окончаний	22,0 ± 3,6

Для восстановления движений применялось адаптивное биоуправление для усиления зрительного и слухового контроля за сокращением мышц, вовлечённых в патологический процесс. Адаптивное биоуправление основано на регистрации, усилении и преобразовании биоэлектрической активности мышц, вовлечённых в патологический процесс, в световой и звуковой сигналы, которые наблюдает больной на экране электромиографа. Восстановление движений начинали, как правило, на второй неделе с момента травмы [2, 3].

В процессе тренировки со зрительным контролем в цепи обратной связи в сократительный процесс активно включается всё большее число нейромоторных единиц, что сопровождается заметным повышением интегративных показателей и уровня синхронизации потенциалов действия.

Поскольку афферентный восходящий поток, образующийся при выполнении определённого заданного движения, адресуется непосредственно в те центральные звенья, которые ответственны за его реализацию, то имеется высокая степень целевой направленности восходящей афферентации в центральные структуры мозга. Так как при этом введены уровни учитываемой двигательной активности с чётким контролируемым сигналом внешней обратной связи и подразделением на правильность выполнения, то это определяет высокую степень информационной значимости поступающей в мозг двига-

тельной афферентации, усиленную сигналами обратной связи. Это обстоятельство имеет большое значение для перестройки координационных механизмов в заданном направлении, т.к. полезный результат, являясь системообразующим фактором, преобразует и закрепляет, прежде всего, центральные звенья регуляции в соответствии с требованиями, определяемыми результатом [1, 11].

Нарушения показателей глобальной и стимуляционной электромиографии у больных были значительными. Было характерно существенное повышение порогов Н-рефлекса, значительное достоверное снижение амплитуд Н-рефлекса ($p < 0,001$), снижение амплитуд М-ответов и Н-М-соотношений. Часто Н-рефлекс приобретал гребневидную форму, иногда наблюдалось даже полное отсутствие Н-рефлекса. Отмечалось также некоторое снижение скорости проведения импульса по моторным волокнам *n. tibialis*. Отклонения показателей стимуляционной электромиографии больных от нормы служат диагностическим признаком гипоксии, ишемии и компрессии корешков спинномозгового нерва. Можно предположить, что патологические изменения, происходящие у больных, затрагивают как афферентную часть дуги моносинаптического рефлекса, являющуюся более восприимчивой к гипоксии, ишемии и (или) компрессии корешков спинномозгового нерва, так и эфферентную часть. Результаты стимуляционной электромиографии больных представлены в табл.2.

Таблица 2. Показатели стимуляционной электромиографии больных до и после первой процедуры адаптивным биоуправлением

Показатели	До процедуры	После процедуры
Суммарная возбудимость спинальных мотонейронов	7,2±1,7	37,5±2,9
Степень вовлечения в рефлекторный ответ альфа-БМН	17,0±0,4	43,0±2,6
Степень вовлечения в рефлекторный ответ альфа-ММН	43,0±0,6	72,0±1,8
Степень депрессии Н-рефлекса	64,0±5,2	60,0±4,2
Чувствительность первичных мышечных окончаний	28,1±3,9	46,4±2,1

При сравнении показателей стимуляционной электромиографии больных и здоровых людей (табл. 1, 2) выявлено, что у больных значительно снижен показатель суммарного возбудимости мотонейронов (на 47,3%) в основном за счёт снижения степени вовлечения в рефлекторный ответ альфа-БМН (на 72,1%) и альфа-ММН (на 19,5%). Увеличилась степень затухания рефлекса при его повторном вызывании (на 69,8%), чувствительность первичных мышечных окончаний (на 36,4%).

Как видно из табл. 2, после занятия адаптивным биоуправлением у больных отмечали повышение суммарной возбудимости спинальных мотонейронов в 2,2 раза. Возросла степень вовлечения альфа-БМН в 2,5 раза и альфа-ММН в 1,6 раза, приближаясь к показателям здоровых людей. Увеличилась чувствительность первичных мышечных окончаний (на 64,5%). Практически не изменилась степень затухания спинального рефлекса при его повторном вызывании.

Роль проприоцептивного воздействия при выполнении движений заключается в обеспечении текущего функционального состояния мозга, его тонической

активности и, соответственно, его регуляторных механизмов. Афферентная конструкция мозга во многом определяется мультифункциональной ролью двигательного анализатора как неперемного компонента межанализаторной интеграции и аппарата конвергенции от многих анализаторных систем организма.

Применение адаптивного биоуправления при тренировках паретичной мышцы позволило в короткий срок обучить больного увеличению силы сокращения мышцы. В основе этого эффекта, вероятно, заложены два механизма: увеличение частоты разрядов активных мотонейронов и количества вовлекаемых двигательных единиц. Как следует из представленных результатов, для реализации лечебного действия адаптивного биоуправления электрической активностью мышц была необходима сохранность функции хотя бы небольшого числа двигательных единиц.

Таким образом, человек может регулировать мышечное сокращение благодаря получению дополнительной информации в виде сигналов обратной связи о его состоянии, что помогает ему восстанавливать движение.

Библиографический список

1. Ахметова Г.И. ЭМГ-БОС в комплексном восстановительном лечении больных с травматической болезнью спинного мозга // Физкультура в профилактике, лечении и реабилитации. 2009. № 4. С. 45-47.
2. Богданова Л.П. Некоторые патофизиологические механизмы нарушения мышечного тонуса // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 2004. № 4. С. 19-21.
3. Богданова Л.П. Лечение больных с двигательными нарушениями при травматической болезни спинного мозга. Самара: СамГМУ, 2005. 142 с.
4. Иванова Г.Е. Организация реабилитационного процесса // Здоровоохранение Чувашии. 2013. № 1. С. 20-27.
5. Иванова Т.Н., Кулакова Н.Г. Электронейромиография в оценке нейрореабилитации больных воспалительными заболеваниями позвоночника // Материалы второго Международного конгресса «Нейрореабилитация». 2010. С.101-102.
6. Игнатъева О.И., Кшняйкина Е.Г., Ховряков А.В. Клинико-статистический анализ результатов комплексного лечения больных с ТБСМ // Материалы второго Международного конгресса «Нейрореабилитация». 2010. С. 102.
7. Косов И.С., Михайлова С.А. Метод функционального биоуправления в нейрореабилитации // Материалы научно-практической конференции «Реабилитация при патологии опорно-двигательного аппарата». М., 2012. С. 37-38.

8. Николаев С.Г. Практикум по клинической электромиографии. Иваново: Ивановская государственная медицинская академия. 2008. 264 с.

9. Скупченко В.В., Богданова Л.П. Патофизиологические механизмы торсионной дистонии // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 1989. № 1. С. 66–68.

10. Циркин Г.М., Джафарова О.А., Воронинский В.А., Шперлинг М.М. Дви-

гательная реабилитация инвалидов с нарушением локомоторной функции // Бюллетень сибирской медицины. 2013. Т. 12, № 2. С. 128-134.

11. Шеин А.П., Криворучко Г.А. Электронейромиографические характеристики мышц нижних конечностей у пациентов // Хирургия позвоночника. 2011. № 1. С. 56–61.

Информация об авторе

Богданова Лариса Петровна, доктор медицинских наук, профессор кафедры физического воспитания, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский уни-

верситет). E-mail: bolp111@bk.ru. Область научных интересов: адаптивное биоуправление, электромиография, стимуляционная электромиография, кардиоинтервалография, нейрореабилитация, лечебная физкультура.

STIMULATION ELECTROMYOGRAPHY IN DETERMINING THE MECHANISM OF THERAPEUTIC ACTION OF ADAPTIVE FEEDBACK FOR PATIENTS WITH TRAUMATIC DISEASE OF THE SPINAL CORD

© 2014 L. P. Bogdanova

Samara State Aerospace University, Samara, Russian Federation

The aim of this work was to study the mechanism of the therapeutic action of the adaptive biofeedback method using visual and auditory feedback to repair movement disorder in patients with traumatic disease of the spinal cord in case of complex spine fracture on the basis of data on the changes in electrophysiological properties of muscles and spinal motor neurons involved in the pathological process. Sixty four patients were treated and tested in the first month after injury, 40 of them male and 24 female. The age of the patients ranged from 19 to 40 years, the average age being 28,3 years. All the patients were subjected to a complete orthopedic and traumatological, neurological, laboratory, radiographic and electrocardiographic examination. Electroencephalography was also carried out if required on therapeutic grounds. After adaptive biofeedback an increase in total excitability of the patients' spinal motor neurons by a factor of 2,2 was noted. The involvement of alpha-BMN increased by a factor of 2,5 and that of alpha TNM increased by a factor of 1.6 approaching the performance of healthy people. The sensitivity of primary muscle endings increased by 64,5%. The degree of attenuation of the re-induced spinal reflex practically did not change.

Spine fracture, traumatic disease of the spinal cord, electromyography, adaptive biofeedback.

References

1. Akhmetov G.I. EMG biofeedback in complex rehabilitation of patients with traumatic disease of the spinal cord // Fizkul'tura v profilaktike, lechenii i reabilitatsii. 2009. No.4. P. 45-47. (In Russ.)

2. Bogdanova L.P. Some pathophysiological mechanisms of muscular tone impairment // Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya. 2004. No. 4. P. 19-21. (In Russ.)

3. Bogdanova L.P. Lechenie bol'nykh s dvigatel'nymi narusheniyami pri travmaticheskoy bolezni spinnoy mozga [Treatment of patients with movement disorders caused by traumatic disease of the spinal cord]. Samara: Samara State Medical University Publ., 2005. 142 p.
4. Ivanova G.E. Organization of the rehabilitation process // Zdravookhranenie Chuvashii. 2013. No. 1. P. 20-27. (In Russ.)
5. Ivanova T.N., Kulakova N.G. Elektroneyromiografiya v otsenke neyroreabilitatsii bol'nykh vospalitel'nymi zabolevaniyami pozvonochnika // Materialy vtorogo mezhdunarodnogo kongressa «Neyroreabilitatsiya». Moscow. 2010. P. 101-102. (In Russ.)
6. Ignatieva O.I., Kshnyakina E.G., Khovryakov A.V. Kliniko-statisticheskiy analiz rezul'tatov kompleksnogo lecheniya bol'nykh s TBSM // Materialy vtorogo mezhdunarodnogo kongressa «Neyroreabilitatsiya». Moscow. 2010. P. 102. (In Russ.)
7. Kosov I.S., Mikhaylova S.A. Metod funktsional'nogo bioupravleniya v neyroreabilitatsii // Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Reabilitatsiya pri patologii oporno-dvigatel'nogo apparata». Moscow. 2012. P. 37-38. (In Russ.)
8. Nikolaev Y.E. Praktikum poklinicheskoy elektromiografii [Practicum on clinical electromyography]. Ivanovo: Ivanovo State Medical Academy Publ., 2008. 264 p.
9. Skupchenko V.V., Bogdanova L.P. Pathophysiological mechanisms of torsion dystonia // Patologicheskaya Fiziologiya I Eksperimentalnaya Terapiya. 1989. No. 1. P. 66-68. (In Russ.)
10. Tsyarkin M., Dzhafarov O.A., Voroninsky C.A., Sperling M.M. Motor rehabilitation of invalids with infringement of locomotor function due to residual PHENOMENA of stroke // Bulletin of Siberian medicine. 2013. V. 12, no. 2. P. 128-134. (In Russ.)
11. Shein A.P., Krivoruchko G.A. Electroneuromyographic characteristics of the muscles of the lower extremities in patients // Spinesurgery. 2011. No. 1. P. 56-61. (In Russ.)

About the author

Bogdanova Larisa Petrovna, Doctor of Medical Science, Professor of the Department of Physical Education, Samara State Aerospace University, Samara, Russian Federation. E-mail: bolp111@bk.ru. Area of Re-

search: adaptive biofeedback, electromyography, stimulation electromyography, cardio-intervalography, neurorehabilitation, exercise therapy.