

УДК 616-082

АДАПТИВНОЕ БИОУПРАВЛЕНИЕ В ВОССТАНОВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЙ У БОЛЬНЫХ ТРАВМАТИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СПИННОГО МОЗГА ПРИ ОСЛОЖНЁННОМ ПЕРЕЛОМЕ ПОЗВОНОЧНИКА

© 2014 Л. П. Богданова

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

Целью работы была разработка метода адаптивного биоуправления с использованием зрительной и слуховой обратной связи для восстановления нарушенных или утраченных движений у больных травматической болезнью спинного мозга при осложнённом переломе позвоночника на основе данных об изменениях электрофизиологических свойств мышц и спинальных мотонейронов, вовлечённых в патологический процесс. Под наблюдением и обследованием находились 64 больных в первый месяц после травмы, из них 40 мужчин и 24 женщины. Возраст больных был от 19 до 40 лет. В зависимости от применения методик лечения все пострадавшие были распределены на две репрезентативные по полу, возрасту и степени повреждения и тяжести состояния группы. К 40 пациентам основной группы был применён разработанный новый комплекс восстановительного лечения. Группу сравнения составили 24 пациента, лечение которых проводили общепринятым методом. Для сравнения были изучены показатели электрофизиологических характеристик мышц у 120 здоровых людей. Для восстановления движений был разработан метод адаптивного биоуправления за счёт усиления зрительного и слухового контроля за сокращением мышц, вовлечённых в патологический процесс. Метод адаптивного биоуправления основан на регистрации, усилении и преобразовании биоэлектрической активности мышц, вовлечённых в патологический процесс, в световой и звуковой сигналы, которые больной наблюдает на экране электромиографа. После проведённого лечения с применением метода адаптивного биоуправления и лечебной гимнастики 85,5% больных получили возможность активного мышечного сокращения. В группе сравнения у больных положительную динамику восстановительного процесса не наблюдали.

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

В настоящее время адаптивное биоуправление широко используется в лечении. Это вызвано тем, что оно позволяет осуществлять произвольную регуляцию функций или состояний, ранее не поддававшихся контролю пациента; повышает роль сознательного участия больного в лечении. Уже после первых работ стало очевидным, что приёмы адаптивного биоуправления особенно перспективны для коррекции двигательных расстройств, поскольку позволяют искусственным образом «насыщать» дополнительную информацией регулятивные системы мозга, что способствует полезной перестройке их деятельности в условиях патологии [7, 9].

Установлено, что использование биологической обратной связи может влиять на волевой ответ определённых мышечных групп, расположенных ниже уровня повреждения спинного мозга. Ме-

тод адаптивного биоуправления со зрительной и слуховой обратной связью позволяет больному увидеть и услышать свои малейшие положительные результаты от лечебных воздействий. Особенно это касается зрения, поскольку оно служит не только для построения внутреннего образа внешнего мира, но ему присущи также и моторные функции [1, 7, 10].

Адаптивное биоуправление основано на подкреплении или «наказании» тех определённых состояний, которые отражаются в показателях регулируемых функций, и не отличается по своей сущности от условных классических рефлексов, поскольку физиологической основой обоих является замыкание временных связей. По существу это временные связи, ассоциации, объединяющие определённые состояния, при которых не всегда воз-

можно представить конкретные нервные проводники.

Как всякий рефлекторный акт, обучение отдельных систем и функций отражает адаптивное поведение организма. В связи с изменчивостью физиологических функций возможно осуществлять их обучение.

Суть приёмов регулирования функций с помощью обратной связи заключается в усилении сенсорного контроля за ними путём стимуляции или снижения их активности. Это ведёт к перестройке центральных механизмов регуляции в заданном направлении вследствие активной мобилизации функциональных резервов мозга. Благодаря этому устанавливается новый режим деятельности, в том числе и для произвольных функций [1, 3, 6].

Проблема лечения больных с осложнёнными переломами позвоночника по своей медицинской и социальной значимости занимает одно из ведущих мест в современной медицине. Это обусловлено большой частотой встречаемости и многообразием клинических форм, неясностью многих сторон патогенеза, тяжестью двигательных, чувствительных, трофических и выделительных нарушений, а также особой трудностью лечения [1, 4, 5].

Целью работы была разработка метода адаптивного биоуправления с использованием зрительной и слуховой обратной связи для восстановления нарушенных или утраченных движений у больных травматической болезнью спинного мозга при осложненном переломе позвоночника на основе данных об изменениях электрофизиологических свойств мышц и спинальных мотонейронов, вовлечённых в патологический процесс.

Под наблюдением и обследованием находились 64 больных в первый месяц после травмы, из них 40 мужчин и 24 женщины. Возраст больных был от 19 до 40 лет. Средний возраст составил 28,3 года, т. е. соответствовал самому трудоспособному периоду жизни.

Для диагностики травматической болезни спинного мозга при осложнённых

переломах позвоночника проводилось комплексное обследование больных по системам и органам с использованием современных клинических, лабораторных, электрофизиологических, лучевых методов. Больных обследовали до и после курса лечения.

Ортопедотравматологическое обследование позволяло выявить механизм травмы, локализацию повреждения, состояние костно-мышечной системы, наличие контрактур и деформаций суставов, атрофию мышц, возможность активных и пассивных движений. Это было необходимо для решения вопроса о показаниях к хирургической операции по стабилизации позвоночника.

Исследование неврологического статуса имело целью выявить уровень и характер повреждения спинного мозга, наличие его сдавления для определения необходимости хирургического устранения компрессии спинного мозга и его элементов.

Всем больным проводили электрокардиографию в стандартных отведениях и рентгенографию позвоночника в двух проекциях. Для уточнения диагноза выполнялась компьютерная и магнитно-резонансная томография. По показаниям выполнялась электроэнцефалография.

У всех больных были закрытые травмы позвоночника, что характерно для травм мирного времени. 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. Этим больным были проведены декомпрессирующие операции с последующей стабилизацией позвоночника.

В зависимости от применения методик лечения все пострадавшие были распределены на две репрезентативные по полу, возрасту и степени повреждения и

тяжести состояния группы. К 40 пациентам основной группы было применено адаптивное биоуправление. Группу сравнения составили 24 пациента, лечение которых проводили общепринятым методом. Для сравнения были изучены показатели электрофизиологических характеристик мышц у 120 здоровых людей.

Электромиографические исследования проводились на электромиографе «Viking Quest» фирмы Nicolett со стандартным набором электродов в постоянных микроклиматических условиях в строго определённое время суток – с 10 до 13 часов.

Электрическая активность мышц регистрировалась накожными электродами диаметром 5 мм с межэлектродным расстоянием 20 мм. До наложения электродов поверхность кожи обрабатывали спиртом.

Электроды накладывали на двигательные точки симметричных мышц шеи, туловища и конечностей. Регистрацию электрической активности мышц производили в положении «лёжа на спине» в покое и при попытке произвольного сокращения мышцы.

Качественный и количественный анализ электромиограмм проводили с ис-

пользованием общепринятых методик [3, 7, 8].

При обработке результатов клинико-электрофизиологических исследований применялись 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 восстановления движений был разработан метод адаптивного биоуправления за счёт усиления зрительного и слухового контроля за сокращением мышц, вовлечённых в патологический процесс. Метод адаптивного биоуправления основан на регистрации, усилении и преобразовании биоэлектрической активности мышц, вовлечённых в патологический процесс, в световой и звуковой сигналы, которые больной наблюдает на экране электромиографа. Восстановление движений по предложенному способу начинали, как правило, на первой неделе с момента травмы. На кожу в проекции паретичных мышц накладывали накожные электроды для снятия биоэлектрической активности мышц (рис. 1).

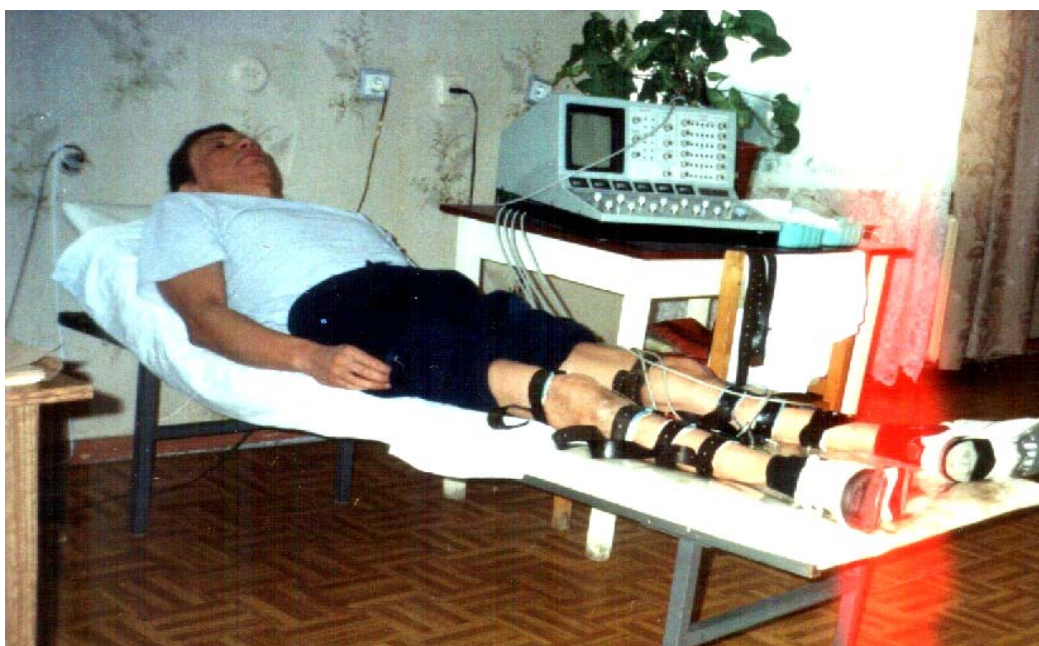


Рис. 1. Пример проведения процедуры восполнения дефицита афферентации

Вначале больных знакомили с задачами метода адаптивного биоуправления, затем врач демонстрировал возникновение и исчезновение звукового и зрительного образа суммарной интерференционной электромиограммы при сильном напряжении и при полном расслаблении здоровой мышцы как эталона, к которому должен стремиться больной. Записывали электромиограмму при сокращении мышцы, не вовлечённой в патологический процесс, с демонстрацией миограммы на экране осциллографа и фиксацией внимания больного на его ощущениях, сопровождающих мышечное сокращение. Затем предлагали пациенту воспроизвести это ощущение при попытке сокращения парализованных мышц.

На первом занятии определялись факторы и приёмы, способствующие увеличению амплитуды паретичной мышцы: пощипывания кожи в проекции четырёхглавой мышцы бедра, наложение холода на кожу или двигательные задания (разогнуть ногу, нажать на педаль и т.д.). Выбирались такие движения, которые были освоены больным до травмы на уровне двигательного стереотипа. Например, для облегчения более слабых движений голеностопного сустава посредством сохранённой и сильной четырёхглавой мышцы бедра больные выполняли разгибание в коленном суставе, а затем сгибание и пронацию в голеностопном суставе.

Выбирались один-два приёма, которые наилучшим образом способствовали увеличению амплитуды и частоты электрической активности. Затем больному предлагали выполнить один из них, фиксируя внимание на мышечном чувстве и его запоминании. Каждый приём в серии повторялся 5-7 раз по 5-6 с на одно повторение. Выполнялись 3-5 серий подряд с перерывом на 2-4 минуты. После этого больному давали задание: не выполняя компенсаторного приёма, в этом же исходном положении воспроизвести мышечное ощущение, способствующее увеличению амплитуды и частоты электрической активности.

О результатах каждой пробы врач и больной судили по амплитуде электромиограммы. Число проб в течение одной процедуры зависело от выраженности пареза и индивидуальных особенностей больного и составляло от 5 до 10. Общая продолжительность процедуры усиления афферентации, проводящейся ежедневно в основном в утренние часы (10.00-11.00), не превышала 30-40 минут.

Если больной успешно демонстрировал управление электрической активностью, то переходили к более сложным заданиям. При этом избирали соответствующую чувствительность усилительного блока.

Процедуру прекращали при нарастающем снижении (от пробы к пробе) величины биоэлектрической активности мышцы, так как это указывало на развитие утомления.

Лечение проводили ежедневно в течение 5-6 дней. Кроме того, на протяжении этого периода больные самостоятельно несколько раз в день тренировали паретичные мышцы по той же методике, но без использования электромиографа. Всего с каждым больным проводилось от 5 до 15 сеансов.

При проведении метода адаптивного биоуправления было отмечено, что 25 больным для того, чтобы научиться управлять электрической активностью паретичных мышц, понадобилось 1-2 занятия, 13 – 5-6 занятий, а у 2 пациентов положительного эффекта добиться не удалось. Во время тренировки с помощью метода адаптивного биоуправления было выявлено, что средняя амплитуда биоэлектрической активности мышцы при произвольном максимальном напряжении, осуществляемом без самоконтроля во время первой процедуры, составляла $32,2 \pm 0,72$ мкВ, а при самоконтроле с использованием электромиографической обратной связи – $51,1 \pm 0,68$ мкВ ($P < 0,05$).

По мере активной тренировки со зрительным контролем в цепи обратной связи, по-видимому, в сократительный процесс активно включается всё большее

число нейромоторных единиц, что сопровождается заметным повышением интегративных показателей и уровня синхронизации потенциалов действия.

Афферентный восходящий поток, образующийся при выполнении заданного движения, адресуется непосредственно в те центральные звенья, которые ответственны за его реализацию, т.е. имеется высокая степень целевой направленности восходящей афферентации в центральные структуры мозга. Поскольку 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 поступаю-

щей в мозг двигательной афферентации, усиленную сигналами обратной связи. Это обстоятельство имеет важное 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, предъявляемыми результатом [3, 6, 9].

В результате лечения в основной группе наблюдали появление рефлексов и слабых движений у 18 больных (45,5%). Осложнения имели место лишь у 4 больных (10,0%). В группе сравнения появление рефлексов и движений ног было у 4 человек (25,2%), осложнения развились у 6 больных (табл. 1).

Таблица 1. Результаты лечения больных травматической болезнью спинного мозга при осложнённом переломе позвоночника в основной группе и в группе сравнения

Показатели	Период заболевания			
	Первые 3 дня после травмы		Последующие 30 дней после травмы	
	Основная группа	Группа сравнения	Основная группа	Группа сравнения
Появление рефлексов и движений	13	2	5	2
Появление осложнений в виде пневмонии	-	2	4	4

При проведении метода адаптивного биоуправления было отмечено, что 25 больным для того, чтобы научиться управлять электрической активностью паретичных мышц, понадобилось 1-2 занятия, другим 13 больным 5-6. Одному больному с очень глубоким вялым парализмом (на грани плегии) и едва уловимой биоэлектрической активностью мышц (при максимальной чувствительности усилителя) это так и не удалось. Хотя у этого больного повторные процедуры с попыткой изометрического сокращения мышцы сопровождалась достоверными изменениями величины суммарной электромиограммы, но на величину развиваемого мышечного усилия у него обратная связь не влияла. У этого больного с сопутствующей травматической и алкогольной энцефалопатией было выраженное

снижение интеллектуально-мнестических функций в сочетании с постоянной подавленностью настроения. В поведении этого больного обращала на себя внимание малая личная заинтересованность в лечебном действии процедуры.

В отличие от этого больного у остальных пациентов при тренировках с изометрическим сокращением паретичной мышцы и включении в программу процедуры адаптивного биоуправления установлено следующее. Во время тренировки с помощью метода адаптивного биоуправления средняя амплитуда биоэлектрической активности мышцы при произвольном максимальном напряжении, осуществляемом без самоконтроля во время первой процедуры, составляла $32,2 \pm 0,72$ мкВ, а при самоконтроле с использованием электромиографической

обратной связи – $51,1 \pm 0,68$ мкВ ($P < 0,05$). Средняя амплитуда за шестисекундный период попытки произвольного максимального напряжения, осуществляемого без самоконтроля, составляла 2634 ± 472 условные единицы. При проведении того же упражнения с одновременным использованием электромиографической обратной связи интенсивность биоэлектрической активности увеличивалась в среднем на 60,0% и была равна 4214 ± 568 условным единицам.

Процедура адаптивного биоуправления паретичными мышцами способствовала восстановлению движений. На одном из занятий за счёт использования метода адаптивного биоуправления удавалось увеличить амплитуду электрической активности мышц на 60%. Это происходило, как показали результаты стимуляционной электромиографии, за счёт увеличения суммарной возбудимости мотонейронов: фазических мотонейронов, но в большей степени тонических мотонейронов. Несколько уменьшилось тормозное влияние центральной нервной системы.

Ведущая сторона 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.

Больные, как правило, предпочитали использовать в качестве индикатора визуальную картину электромиограммы, а не звуковой сигнал. Это можно объяснить тем, что зрение служит не только для построения внутреннего образа внешнего мира, но имеет и моторные функции. Зрительно опосредованная деятельность включает постоянную трансформацию поступающих зрительных стимулов в

двигательную систему благодаря моторным командам. Цикл «узнавание – деятельность» одновременно вовлекает различные уровни организации центральной нервной системы, которые удовлетворяют многообразным требованиям, связанным с целенаправленной деятельностью.

В результате ежедневных неоднократных тренировок уже к третьей процедуре отмечалось чёткое нарастание силы паретичных мышц. Амплитуда биоэлектрической активности мышцы во время поддерживаемого напряжения на этой процедуре составляла в среднем 414 ± 588 условных единиц за 6 с. Наличие самоконтроля продолжало оказывать положительное влияние, приводя к повышению биоэлектрической активности до 5203 ± 553 условных единиц за этот же период. Полученный эффект адаптивного биоуправления хотя и был менее выражен (нарастание лишь на 23%), чем во время первого упражнения, но оказался при статистической обработке достоверным.

В отличие от первых процедур при пятой процедуре величина максимального мышечного усилия оставалась одинаковой независимо от того, отсутствовал или использовался метод адаптивного биоуправления. Амплитуда суммарной электрической активности мышцы была равна соответственно 6775 ± 1027 и 6734 ± 960 условных единиц. Сравнение величин биоэлектрической активности паретичных мышц при их изометрическом сокращении в условиях самоконтроля во время первой и пятой процедур показало её нарастание в среднем на 60%. Закрепление двигательных навыков, найденных с помощью метода адаптивного биоуправления, продолжали на занятиях лечебной гимнастикой. Комплексы упражнений составлялись на основе приёмов, найденных с помощью метода адаптивного биоуправления.

Применение предложенного метода адаптивного биоуправления при тренировках с поддерживаемым изометрическим напряжением паретичной мышцы позволило в короткий срок обучить больного увеличению силы сокращения мыш-

цы. В основе этого эффекта заложены два механизма: увеличение частоты разрядов активных мотонейронов и увеличение количества вовлекаемых двигательных единиц. Как следует из представленных результатов, для реализации лечебного действия биоуправления электроактивностью мышц была необходима сохранность функции хотя бы небольшого числа двигательных единиц [2, 3].

Появление возможности у больных выполнять активные движения ногами позволяло им увеличить объём двигательной нагрузки, улучшить психоэмоциональное состояние и активнее включиться в лечебный процесс.

После проведённого лечения с применением метода адаптивного биоуправления и лечебной гимнастики 85,5% больных получили возможность активного мышечного сокращения. В группе сравнения у больных положительная динамика восстановительного процесса не наблюдалась.

Составление комплексов лечебной физкультуры на основе приёмов, найденных с помощью метода адаптивного биоуправления, повышает эффективность лечения больных травматической болезнью при осложнённых переломах позвоночника.

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 // Здоровье Чувашии. 2013. № 1. С. 20-27.
5. Игнатьева О.И., Кшнейкина Е.Г., Ховряков А.В. Клинико-статистический анализ результатов комплексного лечения больных с ТБСМ // Материалы второго Международного конгресса «Нейрореабилитация». М. 2010. С. 102.
6. Косов И.С., Михайлова С.А. Метод функционального биоуправления в нейрореабилитации // Материалы науч.-практ. конф. «Реабилитация при патологии опорно-двигательного аппарата». М. 2012. С. 37-38.
7. Николаев С.Г. Практикум по клинической электромиографии. Иваново: Ивановская государственная медицинская академия, 2008. 264 с.
8. Скупченко В.В., Богданова Л.П. Патофизиологические механизмы торсионной дистонии // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 1989. № 1. С. 66-68.
9. Циркин Г.М., Джафарова О.А., Воронинский В.А., Шперлинг М.М. Двигательная реабилитация инвалидов с нарушением локомоторной функции вследствие резидуальных явлений острого нарушения мозгового кровообращения // Бюллетень сибирской медицины. 2013. Т. 12., № 2. С. 128-134.
10. 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. Королёва (национальный исследовательский

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

ADAPTIVE BIOFEEDBACK IN THE RESTORATION OF MOVEMENTS IN 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 develop a method of adaptive biofeedback 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. Depending on the application of techniques used for the treatment all patients were divided into two groups representative by gender, age, the extent of the damage and the severity of the condition group. Forty patients of the main group were treated by a new complex of medical rehabilitation. The experimental group consisted of 24 patients whose treatment was performed by a conventional method. For comparison, we studied the electrophysiological characteristics of muscles in 120 healthy people. A method of adaptive biofeedback based on increasing visual and auditory monitoring of muscle contraction involved in the pathological process was developed to restore patients' ability of movement. The method is based on the registration, strengthening and transformation of bioelectric activity of the muscles involved in the pathological process into light and sound signals that the patient can see on the screen of the electromyograph. After the treatment using the method of adaptive biofeedback and therapeutic exercises 85,5 % of the patients developed the possibility of active muscle contraction, whereas no improvement of the recovery process was observed in the experimental group of patients.

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

References

1. Akhmetova 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 spinnogo 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. Ignatieva O.I., Kshnyakina E.G., Khovryakov A.V. Kliniko-statisticheskii analiz rezul'tatov kompleksnogo lecheniya bol'nykh s TBSM // *Materialy vtorogo Mezhdunarodnogo kongressa «Neuroreabilitatsiya»*. Moscow. 2010. P. 102. (In Russ.)
6. Kosov I.S., Mikhaylova S.A. Metod funktsional'nogo bioupravleniya v neyroreabilitatsii // *Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Reabilitatsiya pri patologii*

опорно-двигательного аппарата». Moscow. 2012. P. 37-38. (In Russ.)

7. Nikolaev Y.E. Praktikum po klinicheskoy elektromiografii [Practicum on clinical electromyography]. Ivanovo: Ivanovo State Medical Academy Publ., 2008. 264 p.

8. Skupchenko V.V., Bogdanova L.P. Pathophysiological mechanisms of torsion dystonia // Patologicheskaya Fiziologiya I Eksperimentalnaya Terapiya. 1989. No. 1. P. 66-68. (In Russ.)

9. 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.)

10. Shein A.P., Krivoruchko G.A. Electroneuromyographic characteristics of lower limb muscles in patients with spondylolisthesis of different genesis // Spine surgery. 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.