



# ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ С БОС (БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ) В ПРОГРАММЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ В ОСТРЫЙ ПЕРИОД ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ИНСУЛЬТА

УДК 616-08

Колодезникова А.А., Чурилов С.Н., Иванова Г.Е., Черепихина Н.Л., Скворцов В.И.

НИИ цереброваскулярной патологии и инсульта ГОУ ВПО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова», г. Москва

## Введение

Проблема церебрального инсульта чрезвычайно актуальна в связи с его широкой распространенностью, высокими показателями летальности и инвалидизации взрослого населения [2]. Ежегодно, по данным Всемирной организации здравоохранения, регистрируется 100–300 случаев инсультов на каждые 100000 населения. В России этот показатель составляет 250–300 инсультов среди городского населения соответственно. Первичные инсульты составляют в среднем 75%, повторные – около 25% всех случаев инсульта [3]. После 45 лет каждое десятилетие число инсультов в соответствующей возрастной группе удваивается [5].

Инвалидизация больных обусловлена прежде всего тяжестью нарушения двигательной и речевой функции, а также психологической и социальной дезадаптацией [1, 7]. Третью часть перенесших инсульт составляют лица трудоспособного возраста, к труду же возвращается лишь каждый пятый больной [Е.В. Шмидт, Т.А. Макинский, 1979]. Значительную долю нарушений способности к самообслуживанию и труду составляют нарушения функции верхней конечности. Часто в клинической картине больных с расстройством мозгового кровообращения выявляются преимущественные нарушения двигательной функции верхней конечности, особенно кисти, обеспечивающей активную жизнедеятельность, социальное общение и трудовую занятость пациента. В связи с длительностью и высокими трудовыми затратами процесса восстановления очевидна необходимость дальнейшего изучения механизмов и методов как можно более раннего восстановления и активного приспособления больных с церебральным инсультом к имеющемуся дефекту [3, 7].

На сегодняшний день предложено много программ восстановительного лечения больных с церебральным инсультом в острой стадии, как правило, включающие: фармакотерапию, лечебную физкультуру, лечение положением, массаж, физиотерапию, иглорефлексотерапию [3]. Наиболее значимыми в настоящее время считаются методы ЛФК. Применение естественных и преформированных физических факторов, психотерапевтических технологий позволяет сформировать наиболее благоприятные условия для достижения эффективного результата использования средств и методов лечебной физкультуры. В зависимости от характера и особенностей течения церебрального инсульта значение различных методов немедикаментозной терапии неодинаково как по объему, так и по содержанию. Большую роль при этом играют тяжесть общего состояния пациента, особенности течения основного и сопутствующего заболеваний, наличие осложнений. В результате в арсенале методов медицинской немедикаментозной реабилитации в конкретной ситуации остается лишь небольшой перечень средств и способов воздействия для решения соответствующих задач.

Как известно, восстановление двигательной функции у больных церебральным инсультом происходит по следующей схеме развития двигательной активности: от осевых структур через проксимальные суставы конечностей к дистальным отделам, от нецеленаправленных движений к активным недостаточно координированным, далее к точным и хорошо координированным двигательным актам (мелкая моторика). Так и в восстановлении

двигательной функции верхней конечности используются проторенные в онтогенезе пути [3, 6].

Известно также, что эффективность функционирования любой биологической системы связана с поступлением в нее по системе рефлекторных колец афферентных сигналов, подтверждающих результаты ее деятельности. Такой «полезный результат», по П.К. Анохину, служит системообразующим фактором, преобразующим и закрепляющим центральные звенья регуляции. Именно этим обстоятельством объясняются значительно худшие результаты восстановительного лечения больных с центральными параличами, страдающих нарушениями проприоцептивной чувствительности. Метод биологической обратной связи (БОС), впервые разработанный в Канаде I.V. Basajian, базируется на регистрации и усилении физиологических параметров функционирующих систем организма (например, работающих мышц, головного мозга, сердца, легких и др.) с последующей их трансформацией в зрительные и/или звуковые сигналы, доступные для восприятия самим больным и пригодные для объективного измерения [5].

Первоначальные системы БОС базировались на возможности получения пациентом визуального или слухового подтверждения выполнения какой-либо двигательной задачи: включение лампочки или звукового сигнала после реализации бытового навыка или, например, заданного движения в голеностопном суставе [4]. Значительное повышение эффективности метода БОС и одновременно его востребованности произошло после начала использования компьютерных технологий. Это явилось следствием наглядности результатов БОС-тренировки для больных и, соответственно, к значительному росту стойкой мотивации на лечение вообще и на достижение конкретных реабилитационных целей в частности.

В восстановительной неврологии уже с 1970–1980-х годов наибольшее распространение получило преобразование в зрительный и/или звуковой сигнал биопотенциалов тренируемых мышц по параметрам электромиографии, также разработанное школой I.V. Basajian. В современных электронных системах БОС эти световые сигналы выводятся на монитор, на котором возможно сравнение параметров нормального объема и времени выполнения тренируемого движения с действительными его значениями в процессе восстановительного лечения в режиме реального времени. Биопотенциалы тренируемой мышцы после преобразования в этом аппарате изменяют игровую ситуацию на экране телевизора, перемещая выбранные пациентом объекты (транспортные средства и др.) со скоростью, зависящей от объема и качества выполняемого движения. Появление или исчезновение, тональность и громкость звукового сигнала также связаны с достижением порогового значения выполняемого задания (например, амплитуды тренируемого мышечного сокращения) [4].

Можно с полной уверенностью сказать, что биологическая обратная связь (БОС) является современным и актуальным методом в восстановлении двигательной функции, позволяющим использовать большее количество сенсорных стимулов и включать должным образом функционирующие уровни управления сенсорно-моторного поведения. Данная процедура направлена на: коррекцию мышечного тонуса;

улучшение сенсорного обеспечения движения; увеличение амплитуды и точности движений; активацию концентрации внимания на ощущениях степени мышечного сокращения и пространственного расположения конечностей. Все это способствует улучшению праксиса [3].

#### Материалы и методы

Учитывая вышеизложенное, целью нашей работы стала оптимизация методологии комплексного восстановительного лечения больных с церебральным инсультом в острой стадии с преимущественными нарушениями двигательной функции верхней конечности, с применением процедуры функциональной электромиостимуляции с биологической обратной связью.

Табл. 1. Характеристика обследованных больных по локализации церебрального ишемического инсульта

Пол	Локализация сосудистого поражения в системе внутренней сонной артерии						Итого
	левой			правой			
	передняя мозговая артерия	средняя мозговая артерия	итого	передняя мозговая артерия	средняя мозговая артерия	итого	
Мужчины	6	18	24 21,8%	3	18	21 19,1%	62
Женщины	4	44	48 43,6%	5	12	17 15,5%	48
Итого	10 9,1%	62 56,4%		8 7,3%	30 27,2%		110 100%

Первичное обследование у пациентов с острым инсультом проводилось после стабилизации состояния, основных показателей гемодинамики и общемозговых симптомов.

Обследование включало: неврологическое исследование по классической схеме (исследование тонуса и силы мышц, объема пассивных и активных движений, глубокой и болевой чувствительности), исследование функционального состояния (по данным АД, ЧСС, малонагрузочных функциональных проб), исследование функции верхней конечности по тесту для руки Френчай (Frenchay Arm Test), электродиагностическое исследование мышц плечевого пояса (m. trapezius pars superior, m. deltoideus pars anterior, m. pectoralis major, m. infrapinatus) и верхней конечности (m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. brahioradialis, m. flexor carpi ulnaris, m. extensor carpi ulnaris) и исследование когнитивных функций (Folstein M., 1975).

Критериями включения пациента в исследование являлось: ясное сознание с достаточным уровнем внимания и бодрствования, необходимых для выполнения инструкций по лечебной гимнастике и во время проведения процедуры электромиостимуляции с биологической обратной связью; отсутствие речевых нарушений, отсутствие у пациента противопоказаний к проведению процедуры функциональной электромиостимуляции с биологической обратной связью, согласие больного на участие в исследовании.

Учитывая двигательный полиморфизм и различные существующие подходы для его изучения в начале исследования в соответствии с методом использованной реабилитации, пациенты были разделены на две группы – основную (80) и контрольную (30). Пациентам основной группы наряду с общепринятой фармакологической терапией и комплексным восстановительным лечением, включавшим в себя лечение положением, онтогенетически обусловленную кинезотерапию (по системам «Баланс», Фельденкрайса, PNF), массаж (рефлекторный, точечный), физиотерапию (магнитотерапию на крупные суставы) были проведены процедуры функциональной электромиостимуляции с биологической обратной связью на аппарате STIWELL med 4 (Австрия). Занятия проходили в игровой манере с визуальным контролем на мониторе компьютера. В среднем количество процедур онтогенетически обусловленной кинезотерапии и функциональной электромиостимуляции с обратной связью

нами было обследовано 110 больных (из них 48 женщин и 62 мужчин) с впервые возникшим церебральным ишемическим инсультом в бассейне внутренней сонной артерии, с преимущественными нарушениями двигательной функции верхней конечности (парезы и параличи). Средний возраст обследованных больных мужского пола составил  $63,8 \pm 3,3$  года, женского пола –  $67,4 \pm 2,1$  года соответственно. Анализ временной характеристики заболевания свидетельствовал о том, что длительность инсульта составила на момент первичного обследования  $5,2 \pm 1,5$  дня, т.е. в исследовании участвовали пациенты в остром периоде церебрального инсульта. Правополушарная локализация инсульта наблюдалась в 34,5% случаев, левополушарная – в 65,5% случаев (табл. 1).

составили – 12. Контрольная группа из 30 пациентов получала фармакологическую терапию, комплекс реабилитационных мероприятий по той же схеме, но без процедуры функциональной электромиостимуляции с БОС.

Все занятия проводились строго индивидуально под ежедневным контролем ЧСС и АД, с учетом клинического состояния больного и динамики исследований двигательной функции.

По основным клиническим признакам: возрасту, полу, давности заболевания – большие экспериментальной и контрольной групп были сопоставимы. По результатам проведенных исследований пациентам назначался двигательный режим, соответственно которому выбирался комплекс реабилитационных мероприятий. В конце курса лечения проводилось повторное комплексное обследование.

Методика проведения процедуры функциональной электромиостимуляции с биологической обратной связью строилась на представлении о базовых образцах движения человека, последовательно реализующихся в соответствующих исходных положениях (из положения на спине, на боку, на животе, на четвереньках, стоя на коленях, стоя). В соответствии с представлениями о механизмах поддержания базовых исходных положений была разработана методика последовательного наложения поверхностных (пластинчатых) ЭМГ электродов на последовательно тренируемые мышцы плечевого пояса (трапецевидная верхняя порция, большая грудная мышца, дельтовидная мышца передняя порция, подостная мышца) и верхней конечности (двуглавая мышца плеча, трехглавая мышца плеча, плечелучевая мышца, локтевой сгибатель и разгибатель кисти). Так например, для улучшения сгибания плеча электроды накладывались на переднюю порцию дельтовидной мышцы, горизонтальную порцию большой грудной мышцы, трапецевидную мышцу и двуглавую мышцу плеча. Для стимуляции использовались синусоидальные модулированные токи от аппарата STIWELL med 4 (режим переменный, род работы II, частота 150–100 Гц, длительность посылок и пауз по 2–3 с. При проведении электростимуляции ослабленных мышц больной в течение процедуры сочетал действие тока со своими волевыми усилиями, направленными на выполнение сокращения мышц, – активное-пассивная электростимуляция.

Перед проведением процедуры пациенту объяснялась суть «игры», выбор сюжета игры пациент произ-

водил в зависимости от предпочтений. Исследуемый ежедневно самостоятельно выполнял сознательно регулируемое напряжение мышц верхней конечности, продолжавшееся не более 1,5 минут, обязательно чередуемое с равным по времени периодом расслабления, под контролем врача. ЭМГ активность, возникавшая в тренируемой мышце, преобразовалась с помощью средств компьютерной графики в зрительные образы. Например, высота расположения воздушного шара на экране монитора соответствовала величине мышечных усилий, которые предпринимал больной при напряжении и расслаблении тренируемых мышц.

**Результаты и их обсуждение**

При анализе результатов проведенного исследования получена статистически достоверная опережающая динамика регресса двигательного дефицита у всех пациентов основной группы, характеризующаяся увеличением объема активных, пассивных движений и мышечной силы (шкала Ловетта), нормализации тонуса мышц (шкала Ашфорт).

Наибольшая сбалансированная положительная динамика наблюдается в основной группе по всем изучаемым показателям, особенно по восстановлению объема активных и пассивных движений. Отмечалось снижение болезненности в суставах при движении. Изменение объема пассивных движений в плечевом суставе было выражено во всех группах обследованных больных. При этом в основной группе на фоне повышения силы мышц и объема движений наблюдается тенденция к нормализации тонуса мышц, что создает условия для более эффективного выполнения целевых движений.

По данным неврологического обследования, у пациентов основной группы отмечалось улучшение состояния глубокой и поверхностной чувствительности, увеличилась точность, симметричность и скорость выполнения координаторных проб, уменьшилась частота выявления патологических рефлексов (Барре, Бехтерева, Галанта).

К концу пребывания в стационаре у всех больных с церебральным инсультом отмечается положительная динамика. Пациенты подгруппы «плегия» основной и контрольной группы в конце курса комплексной физической реабилитации способны выполнять 1-е тестовое задание на стабильное удержание линейки. Пациенты обеих групп подгруппы «парез» способны взять стакан, наполовину наполненный водой, отпить воды и поставить стакан на место, не расплескав при этом воду, что свидетельствует о большей самостоятельности пациентов при самообслуживании.

Полученные результаты свидетельствуют об улучшении когнитивной функции у всех исследуемых пациентов к концу реабилитационного лечения, что определяется высокой активностью участия больных в реабилитационной программе. Так, наибольшие изменения в степени сохранности памяти, внимания, адекватного восприятия своей личности и окружающей реальности, а также планирования и осуществления целенаправленной деятельности (праксии), достигнуты у пациентов основной группы обеих подгрупп несмотря на то, что в ней изначально были пациенты с наиболее грубым когнитивным дефектом, чем в контрольной группе.

Полученные результаты свидетельствуют об улучшении качества выполнения больными двигательных задач, в частности сложных и высоко координированных движений верхней конечностью, что привело в конечном итоге к повышению эффективности и укорочению длительности процесса комплексной реабилитации в целом.

Табл. 2. Данные, полученные при исследовании силы и тонуса мышц, объема пассивных и активных движений на пораженной стороне у пациентов в начале и в конце восстановительного лечения (M±σ)

Группа	Сила мышц, баллы		Объем пассивных движений, градусы	
	до лечения	в конце	до лечения	в конце
Парез основная	2,0±0,3	3,5±0,4	74,5±4,4	93,2±3,8
Плегия основная	0,5±0,4	1,9±0,5	70,6±5,1	85,1±4,6
Парез контрольная	1,9±0,2	2,7±0,4	75,1±3,6	90,5±2,8
Плегия контрольная	0,7±0,3	1,4±0,5	71,6±4,4	82,3±4,6
Группа	Объем активных движений, градусы		Тонус, баллы	
	до лечения	в конце	до лечения	в конце
Парез основная	24,9±3,8	67,1±4,5	1,9±0,1	1,2±0,2
Плегия основная	0	45,1±2,1	снижен	0,7±0,3
Парез контрольная	22,1±3,3	42,5±3,5	1,7±0,2	1,2±0,3
Плегия контрольная	0	31,3±1,8	снижен	1,3±0,5

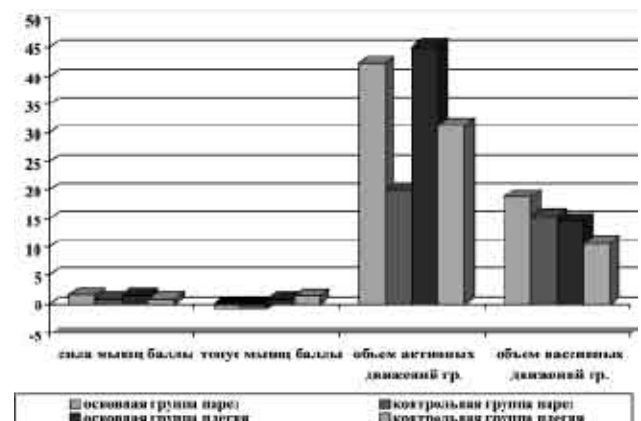


Рис. 1. Динамика изменений показателей объема движений, силы и тонуса мышц в результате реабилитационных мероприятий

Табл. 3. Данные оценки функциональной способности верхней конечности по тесту Френчай больных с церебральным инсультом в начале и в конце реабилитационного лечения

Показатель		Тест Френчай, баллы	
		до лечения	после лечения
Основная	парез	1,5±0,2	2,9±0,7
	плегия	0	1,2±0,5
Контрольная	парез	1,4±0,4	2,5±0,6
	плегия	0	1,0±0,2

Табл. 4. Данные исследования когнитивных функций больных с церебральным инсультом в начале и в конце реабилитационного лечения

Показатель		Исследование когнитивного дефекта, баллы	
		до лечения	после лечения
Основная	парез	22,3±0,5	28,5±0,9
	плегия	19,8±0,6	25,4±0,7
Контрольная	парез	22,2±0,4	24,7±0,9
	плегия	19,1±0,8	22,5±1,0

Комплексная реабилитация с применением процедур электромиостимуляции с БОС стимулирует процессы восстановления пациентов с церебральным инсультом, с преимущественными двигательными нарушениями верхней конечности в острый период. Предлагаемая дифференцированная программа восстановительного лечения, разработанная с учетом опыта подобных работ, способствует осмысленному вовлечению больного в длительный процесс реабилитации, повышает мотивацию пациентов к восстановительному лечению, стимулирует подготовку пациента к изменению положения тела в пространстве, помогает в формировании правильного статического стереотипа как базы для восстановления целенаправленной моторики, повышает функциональную адаптацию пациентов к выполнению более широкого спектра бытовых навыков.

Предложенная этапная методика функциональной электромиостимуляции с БОС в комплексной физической реабилитации для восстановления двигательной функции верхней конечности у больных церебральным инсультом в остром периоде разработана в соответствии с онтогенетическими принципами развития функции движения, как в выборе исходных положений для упражнений, так и последовательности наложения электродов. Включение биологической обратной связи должно быть адаптировано активно реализуемым дви-



Рис. 2. Аппарат для проведения процедуры электромиостимуляции STIWELL med 4

гательным задачам больных с церебральным инсультом в острой стадии. Подобный подход на различных этапах восстановления открывает возможности более широкого применения БОС, повышает эффективность ее использования и позволяет приблизить данную реабилитационную методику к естественным программам выполнения движений.



Рис. 3. Пример размещения электродов на верхней конечности. Наложен один канал на *m. biceps brachii*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев Е.И., Скворцова В.И., Стаховская Л.В., Киликовский В.В., Айриян Н.Ю. Эпидемиология инсульта в России // Ж. Consilium medicum. Неврология. – 2003 – специальный выпуск.
2. Скворцова В.И., Евзельман М.А. Ишемический инсульт. – Орел, 2006.
3. Иванова Г.Е. Комплексная дифференцированная физическая реабилитация больных с мозговым инсультом // Дисс. на соиск. уч. степ. докт. мед. наук. – М., 2003. – 409 с.;
4. Витензон А.С., Петрушанская К.А., Скворцов Д.В. Руководство по применению метода искусственной коррекции ходьбы и ритмических движений посредством программируемой электромиостимуляции мышц. – М., 2005.
5. Иванова Г.Е., Скворцова В.И., Миловская Т.В., Пеленицина Е.М. Основные принципы восстановления двигательной функции у больных с острым нарушением мозгового кровообращения. ЛФК и массаж. М., 2002. – С. 51–57.
6. Dombovy M.L., Sander B.A. Basford I.R. Rehabilitation for stroke. A review // Stroke/ – 1986. V. 17, № 3. – P. 363–369.
7. Wade D., Hewer R. Rehabilitation after stroke. Handbook of Clinical Neurology. – 1989. – V. 11., Part III. – P. 233–251.

#### РЕЗЮМЕ

Биологическая обратная связь (БОС) является современным и актуальным методом реабилитации. В его основе лежит активное обращение к личности пациента и использование обратной связи как источника дополнительной информации о результативности выполнения отдельных действий, движений или поведения в целом. Предлагается алгоритм комплексного восстановления двигательной функции верхней конечности у больных в острой стадии церебрального инсульта с применением БОС.