

Динамика восстановления функции плечевого сустава у больных в остром периоде церебрального инсульта

С.Н.Кауркин^{✉1}, Д.В.Скворцов^{1,2}, Г.Е.Иванова²

¹ФГБУ Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России. 115682, Россия, Москва, Ореховый б-р, д. 28;

²ФГБОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И.Пирогова Минздрава России. 17997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1

Введение. Нарушение функции плечевого сустава – одно из распространенных патологических состояний, которые существенно ограничивают возможность пациента к самообслуживанию.

Организация исследования. Обследовано три группы: 20 здоровых, 50 больных с церебральным инсультом, сопровождающимся парезом верхней конечности, из них 25 проходили традиционное лечение и 25 – такой же курс добавления тренировок с биологической обратной связью (БОС) для движений в плечевом суставе. Проведено исследование кинематики движений в плечевых суставах в сочетании с электромиографической (ЭМГ) регистрацией на 3–4 и 21-й день.

Результаты и заключение. Обнаружено, что обе группы больных имеют снижение амплитуд движений в плечевом суставе паретичной стороны, с сохранением в норме временной цикличности движения. Отчасти снижаются амплитуды движений и на здоровой стороне. В отличие от кинематики основные действующие мышцы на стороне поражения характеризуются не только уменьшением амплитуды ЭМГ, но и более поздним максимумом активности. Обнаружен феномен аномальной двухфазовой активности мышц на стороне пареза. По окончании лечения амплитуды движений в пораженном плечевом суставе возрастают, но остаются достоверно меньше таковых в норме. Величина запаздывания максимума ЭМГ-активности уменьшается. Снижается также количество аномальных вариантов ЭМГ-активности. Уменьшение таких вариантов больше в группе, получающей БОС-тренировки. Предложенная методика исследования функции плечевых суставов является чувствительной и в отличие от клинических шкал позволяет определить количественно и качественно функциональную динамику.

Ключевые слова: церебральный инсульт, гемипарез, плечевой сустав, кинематика, биологическая обратная связь.

✉ kaurkins@bk.ru

Для цитирования: Кауркин С.Н., Скворцов Д.В., Иванова Г.Е. Динамика восстановления функции плечевого сустава у больных в остром периоде церебрального инсульта. Consilium Medicum. 2016; 18 (9): 62–67.

Function recovery of the shoulder joint of patients in the acute stroke

S.N.Kaurkin^{✉1}, D.V.Skvortsov^{1,2}, G.E.Ivanova²

¹Federal Research Center for Specialized Types of Medical Assistance and Medical Technologies of FMBA of Russia. 115682, Russian Federation, Moscow, Orekhovyi b-r, d. 28;

²N.I.Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. 117997, Russian Federation, Moscow, ul. Ostrovitianova, d. 1

Introduction. Impaired function of the shoulder joint is one of the most common medical conditions that significantly limit the ability of the patient to self-service as a result of stroke.

Organization of the study. The study involved three groups: 20 healthy, 50 patients with cerebral stroke with hemiparesis of the upper extremity, of which 25 got standard treatment and 25 had additional course of training with biofeedback for movement in the shoulder joint. A study of the kinematics of movements in the shoulder joints in combination with electromyography (EMG) recording were made on the 3–4th day and 21-th day.

Results and conclusion. It was found that both groups of patients have a decrease in range of motion in the shoulder joint parietic hand, and support normal cyclical movement of time. A part of patients shown reduced range of motion not only on affected, but also on the healthy side. In contrast to the kinematics basic acting muscles on the affected side are characterized not only a decrease in EMG-amplitude, but also the later peak activity. Parts of patient were shown the phenomenon of anomalous, two-phase activity of muscles on the side of paresis. After treatment, ranges of motion in the affected shoulder joint are increasing, but remain significantly lower than those in normal. The magnitude of the EMG-activity of the maximum delay is reduced. The numbers of abnormal variants of EMG-activity were coming to be less after treatment. The group receiving biofeedback training demonstrated better functional result. The proposed method of investigation function of the shoulder joint is more sensitive compare to clinical scales to determine quantitatively and qualitatively the functional dynamics.

Key words: stroke, hemiparesis, shoulder joint, kinematics, biofeedback.

✉ kaurkins@bk.ru

For citations: Kaurkin S.N., Skvortsov D.V., Ivanova G.E. Function recovery of the shoulder joint of patients in the acute stroke. Consilium Medicum. 2016; 18 (9): 62–67.

Введение

Инсульт является ведущей причиной инвалидизации, длительной нетрудоспособности и смертности среди взрослого населения. В 2010 г. во всем мире распространенность инсульта составила 33 млн человек, из них 16,9 млн получили первичное нарушение мозгового кровообращения (НМК) [12]. Данные по заболеваемости и смертности от инсульта в Российской Федерации – одни из наиболее высоких в мире. Около 500 тыс. человек ежегодно переносят один из вариантов инсульта; 200 тыс. ежегодно погибают; 80% больных с последствиями НМК остаются инвалидами [1, 2]. Основными проявлениями инсульта становятся двигательные нарушения туловища и конечностей – гемиплегия или гемипарез. Потеря или частичная утрата функции верхней конечности представляет собой одно из наиболее тяжелых последствий инсульта. Эти нарушения затруд-

няют процесс самообслуживания, приводят к стойкой утрате трудоспособности, изменяют качество жизни пациента, а также влияют на психологическое и эмоциональное состояние [19, 29]. Восстановление верхней конечности у больных с выраженной и грубой степенью пареза достигается лишь у 40% за первые 6 мес [17], а с умеренной и легкой степенью – у 71% [21].

НМК проявляются патологическими синкинезиями и изменениями со стороны содружественных движений или их комплексов, направленных на совместное решение определенной двигательной задачи (или синергии). Данные синергии развиваются за счет дисфункции пораженных мышц. Эти нарушения приводят к снижению использования мышц и ее атрофии [5]. Оценка двигательной функции верхней конечности проводится с помощью субъективной оценки по шкалам. Чаще всего используют

Таблица 1. Группы пациентов

Параметр	Возраст (среднее значение в годах)	Число			Левая средняя мозговая артерия	Правая средняя мозговая артерия
		всего	мужчин	женщин		
1-я группа	63,6	25	12	13	10	15
2-я группа	60,4	25	16	9	12	13

стандартные тесты: шкалу комитета медицинских исследований или 6-балльную шкалу оценки мышечной силы, шкалу спастичности Ашфорта, шкалу Бартел и индекс активности Ривермид. Гораздо реже используют шкалы: индекс Мотрисайти, шкалу Фугл-Майер [9], тест ARAT. Шкалы не обладают достаточной чувствительностью для обнаружения и оценки постепенного прогресса мышц и координации движений в процессе реабилитации [25]. Недостатком многих традиционных используемых методов клинической практики является то, что они сообщают, может ли человек выполнить определенную задачу (например, поднять стакан и пить из него), но не позволяют определить, за счет каких ресурсов и как выполняется движение, каковы его функциональные характеристики [8]. Это может повлиять на реальную оценку эффективности восстановительных мероприятий и выбор индивидуальной программы реабилитации. Исследования показали, что каждодневные индивидуальные тренировки улучшают подвижность и функциональность пациентов и являются ведущим методом лечения [11]. Основными методами восстановления функции верхней конечности после инсульта являются физические упражнения: методика онтогенетической кинезотерапии («Баланс»), PNF-цепция, Bobath therapy [16] и методы БОС [23].

Для качественной оценки существуют инструментальные методы. Важным диагностическим исследованием является электромиография (ЭМГ), позволяющая получать информацию об иннервации мышц, изучать их функциональное состояние при разных патологических изменениях или в результате проводимого ими физиологического действия, координацию движений, выработку двигательного навыка при различных видах работы и спортивных упражнениях, перестройку работы поврежденных мышц и их утомление [4]. Исследования кинематики движения позволяет комплексно и разносторонне оценить пространственные характеристики каждого движения в трех плоскостях [6, 26]. В последние годы для анализа движений в плечевых суставах также активно применяются бесплатформенные инерционные сенсоры, которые позволяют получать корректные данные [7].

До сих пор не существует единых стандартизированных протоколов для анализа движения в крупных суставах верхней конечности, прежде всего в плечевом суставе, несмотря на тот факт, что функциональные движения верхними конечностями имеют важное значение для пациентов с острым НМК (ОНМК) [14, 20]. В зависимости от поставленных исследователями задач в литературе чаще встречаются отдельные исследования кинематики [18, 27, 28] и функциональной ЭМГ [3, 4, 15] у больных в острый период церебрального инсульта.

Методы тренировки с биологической обратной связью (БОС) пациентов после перенесенного церебрального инсульта в последние годы стали активно применяться в ранние сроки [13, 22]. Их возможности и сама методика БОС-тренировки остаются в зоне активных дискуссий.

Данная работа посвящена исследованию движений в плечевых суставах у больных после инсульта в остром периоде.

Материалы и методы

Исследование проводилось у 20 здоровых испытуемых – 7 женщин,

Таблица 2. Результаты исследования (даны средние значения)

Движение	Время	Норма		1-я группа				2-я группа			
		А	Т%	пораженная		здоровая		пораженная		здоровая	
				А	Т%	А	Т%	А	Т%	А	Т%
Сгибание	До	80	54	56*	54	73*	50	43***	52	78	50
	После			59*	54	76	50	52***	50	79	50
Отведение	До	86	47	60***	47	84	48	54***	54	83	50*
	После			63***	48	48	84	57***	54	80*	49
Ротация	До	56	52	37***	50	47*	56	34*	47***	52***	51
	После			41***	49	51*	51	35*	48*	51***	50
ЭМГ Сгиб.	До	295	48	230***	59***	284	50	209*	58*	291	51
	После			236***	55***	288	49	229*	53	311	51
ЭМГ Отв.	До	330	48	259*	60*	329	49	245***	56***	304	50
	После			262*	55***	334	50	253***	53***	310	48

Примечание. *Достоверно от нормы; **достоверно от здоровой стороны; ***достоверно от такого же до лечения.

13 мужчин, средний возраст – 52 года. Данная возрастная категория соответствует среднему возрасту пациентов, перенесших ОНМК. Обследуемые не имели в анамнезе травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата, жалоб и противопоказаний на момент исследования. Общая характеристика групп больных представлена в табл. 1.

Обеим группам проводилась оценка по шкалам Motricity Index (MI) и Ashfort Scale (AS) до начала лечения и после его окончания.

В обеих группах проводились занятия лечебной физкультурой (ЛФК) со 2–3-го дня с момента инсульта до 21-го дня. Всего проводилось 15 занятий. Вторая группа кроме этого получала еще и БОС-тренировку движений в плечевом суставе на стороне пареза. В среднем больные 2-й группы получали 10 занятий. Исследование движений в плечевых суставах выполняли на 3–5-й день и по окончании курса на 21-й день.

Испытуемые перед исследованием инструктировались по последовательности диагностики. Обследуемым в процессе исследования предлагалось выполнять движения сгибания/разгибания, отведения/приведения до 90° и наружную/внутреннюю ротацию обеими верхними конечностями в плечевых суставах в сагиттальной, фронтальной и поперечной плоскостях соответственно. Ротация верхней конечности по отношению к продольной оси может происходить при любом положении плечевого сустава. Мы используем произвольную ротацию в суставе с тремя осями и тремя степенями свободы. Эту ротацию обычно отсчитывают от нейтрального положения, при котором рука свободно свисает вдоль туловища – положение нулевой ротации. Для измерения амплитуды ротационных движений сгибаем руку в локтевом суставе на

90°, чтобы предплечье лежало в сагиттальной плоскости. Пациентам с парезом верхней конечности сложно выполнять отведение или сгибание в плечевом суставе, поэтому ротацию исследовали в исходном положении верхней конечности.

Движения выполнялись по следующей схеме: одновременно двумя руками сгибание, отведение и ротации в положении сидя (голова установлена по средней линии, с открытыми глазами). Каждое упражнение выполнялось 2 раза. Движение проводилось свободно, без дополнительных указаний в соответствии с первичной инструкцией.

Исследование кинематики. Для регистрации движений в плечевых суставах и ЭМГ использовались беслатформенные инерционные сенсоры. Сенсоры устанавливались посредством эластичных манжет на плече и груди (рис. 1).

На каждое движение в программном пакете строилась индивидуальная гониограмма. На графике отмечались

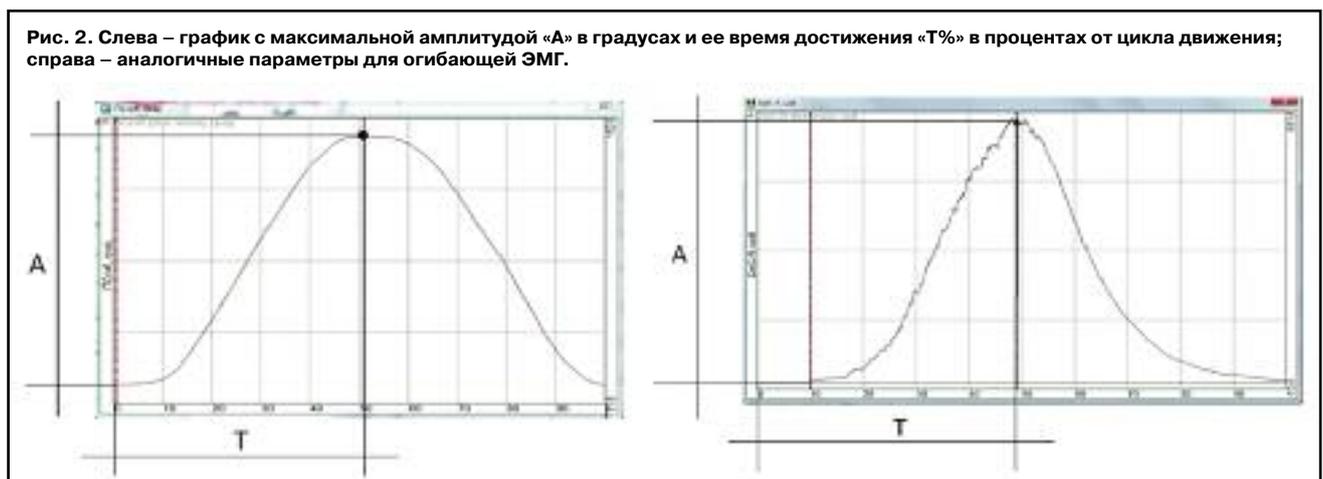
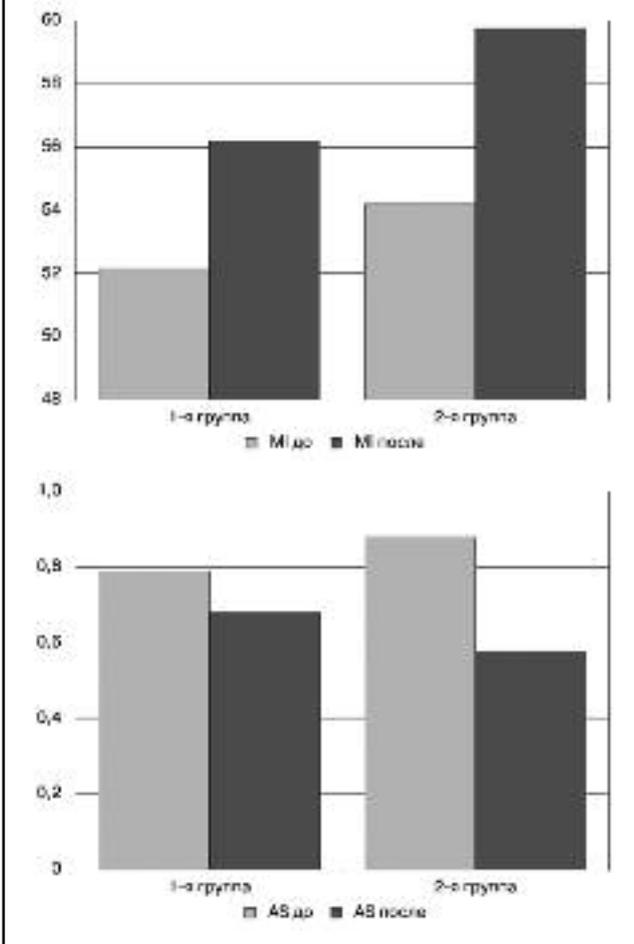


Рис. 3. Оценка по MI и AS групп пациентов до и после курса лечения.



максимальная амплитуда «А» в градусах и ее время достижения «Т%» в процентах от цикла движения (рис. 2).

Значения амплитуд и соответствующих им частот копировались в таблицу.

Исследование функциональной ЭМГ. Каждый сенсор имеет два канала регистрации ЭМГ. ЭМГ регистрировалось посредством одноразовых электродов Swaromed. Размещение электродов проводилось в соответствии со стандартом GCMAS. Регистрация проводилась с 6 мышц: правые и левые трапецевидные, передние и средние дельтовидные мышцы.

По каждой огибающей ЭМГ строился профиль биоэлектрической активности в процессе выполняемого движе-

ния. На графике отмечались максимальная (А) произвольная активность в микровольтах (мкВ) и время ее достижения «Т%» в процентах от цикла движения (см. рис. 2).

Проведение БОС-тренировки. Применялся тот же сенсор, фиксированный на паретичном плече пациента, работающий со специальным программным пакетом, включающим игровую среду и инструменты настройки. В результате пациент управлял виртуальным объектом движениями плеча в двух плоскостях. Начальные положения и масштаб настраивались индивидуально.

Статистическая обработка выполнялась в пакете Statistica 6.0 методами стандартной вариационной статистики.

Результаты

Результаты оценки до и после курса терапии в обеих группах по MI и AS приведены на рис. 3.

Можно отметить относительно скромное улучшение каждого показателя с незначительно большей динамикой во 2-й группе. При этом достоверных отличий в показателях до и после получено не было.

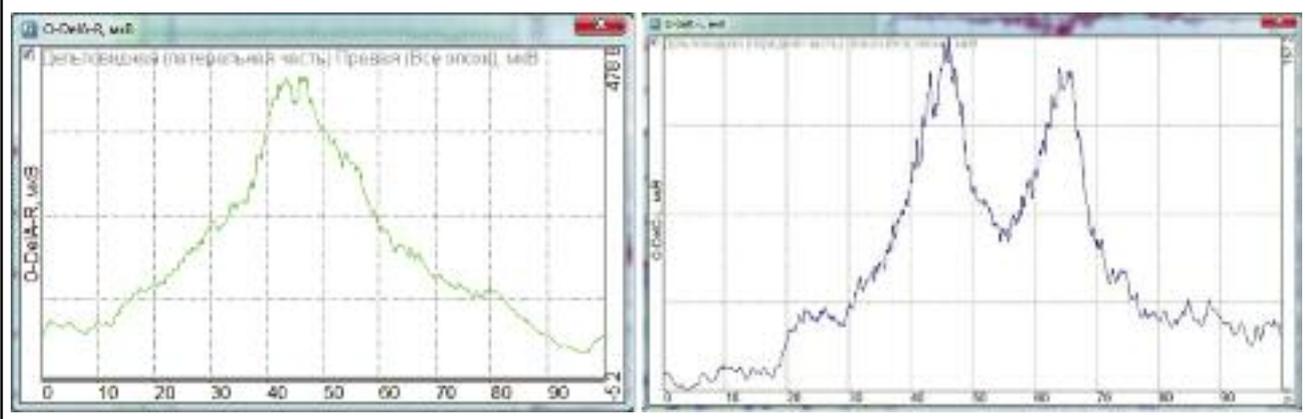
Для теста сгибания, отведения и ротации в плечевых суставах обнаружено достоверное уменьшение амплитуд на стороне поражения по сравнению с нормой для больных как в 1, так и во 2-й группе. Для здоровой стороны также характерно снижение амплитуд, но достоверно только для сгибания до начала лечения в 1-й группе и ротации – до и после терапии в обеих группах. Значения фаз максимальной амплитуды существенно не отличаются от нормативных, кроме отведения (более поздняя по сравнению с нормой), до начала лечения во 2-й группе (табл. 2).

Исследование ЭМГ-активности показало, что в 1-й группе на стороне поражения имеются достоверные отличия как по амплитуде (снижение), так и фазе (более поздняя). При этом для движения сгибания имеют место отличия и от нормы, и от таких же показателей здоровой стороны. Фаза максимальной ЭМГ-активности также достоверно отличается от группы нормы и здоровой стороны (максимум наступает позже). После лечения значение фазы становится ближе к норме, но достоверные отличия остаются и становятся отличными от таковых до терапии.

Для движения отведения отличия имеются от нормы и по фазе после лечения от таковой до терапии (уменьшение значения, параметр стал ближе к норме). Амплитуды и фазы на здоровой стороне достоверных отличий от нормы не обнаруживают.

Для 2-й группы имеется достоверное уменьшение амплитуд ЭМГ по сравнению с нормой как до, так и после терапии. Для движений отведения имеются дополнительно достоверные отличия от таких же показателей для здоровой стороны. Фаза максимума ЭМГ-активности более поздняя, что достоверно отличается от нормы для

Рис. 4. Слева график – средняя огибающая ЭМГ – нормальный тип с одним максимумом активности; справа – аномальный тип активности с двумя максимумами.



сгибания до начала лечения и показателей нормы и здоровой стороны для движений отведения. Амплитуды и фазы ЭМГ-активности на здоровой стороне не имеют отличий от нормы.

Кроме этого, у ряда больных в 1 и 2-й группе были обнаружены аномальные типы ЭМГ-активности с двумя максимумами (рис. 4).

В норме имеется только один максимум. Большая часть больных на стороне поражения демонстрировали этот же тип активности, хотя и со смещением максимума. В 1-й группе для движения сгибания тип активности с двумя максимумами отмечен у 9 пациентов, после проведения курса ЛФК данный феномен отмечен у 6 больных. Для движения отведения до начала лечения феномен отмечен у 5 пациентов, после окончания – у 4. Для 2-й группы для движения сгибания феномен имел место у 7 больных до начала терапии и у 4 – после его окончания. Для движения отведения – у 5, а по окончании лечения – у 2.

Обсуждение

Проведенное исследование обнаружило, что амплитуда движений в плечевых суставах у больных с гемипарезом снижается не только на стороне поражения, но и отчасти здоровой стороне. При этом фаза максимума движения существенно не изменяется. В течение короткого курса терапии, хотя амплитуды и возросли, но не столь значительно, чтобы не отличаться от нормы или здоровой стороны. Данный результат ожидаем и не противоречит опубликованным в литературе [24].

ЭМГ-активность основных мышц каждого движения показала снижение максимальной амплитуды на стороне поражения и более позднее наступление момента максимума активности. При этом сам момент максимума амплитуды имеет явную тенденцию смещения в сторону нормы в процессе лечения, но данное изменение не всегда достигает статистически достоверного уровня. Обнаруженный феномен активности с двумя максимумами имеет относительно высокую долю у больных до начала лечения и ее снижение после его окончания. В доступной литературе мы не обнаружили информации о наличии такого феномена. Возможно, потому, что, как показало исследование, уже на 3-й неделе после инсульта число пациентов с данным феноменом значительно сокращается. Наиболее вероятная причина – это восстановление физиологического функционирования мышцы с течением времени и под влиянием проводимого лечения.

Перечисленные симптомы и функциональная динамика состояния больных демонстрируют основные закономерности процесса восстановления. По причине короткого срока проводимого лечения функциональная динамика может быть обнаружена посредством инструментального исследования, но такие параметры, как изменение биоэлектрической активности мышц в цикле движения или относительно небольшие изменения амплитуды активных движений, очевидно, остаются вне зоны доступности простых клинических методов исследования.

Предложенная методика исследования движений в плечевых суставах может быть использована для проведения объективной оценки функционального состояния больных после перенесенного инсульта и других состояний, сопровождающихся нарушением функции плечевого сустава.

Обнаруженный феномен аномальной ЭМГ-активности является одним из частых симптомов нарушения функции мышц при центральном гемипарезе. Данный феномен поддается коррекции при проведении восстановительного лечения. Однако число пациентов с двумя максимумами активности на ЭМГ в группе, получавшей стандартную терапию и сеансы БОС-тренировки, стало меньше по

сравнению с такими же больными в группе, проходившей стандартное лечение.

Существенных отличий в динамике функционального состояния группы, проходившей стандартное лечение, и группы, получавшей такую же терапию и сеансы БОС-тренировки, не обнаружено. Возможно, что это связано прежде всего с малой длительностью как одного, так и другого типа лечения. БОС-тренировка с использованием биомеханических параметров используется успешно в течение длительного времени [10]. Отсутствие непосредственного эффекта проводимых тренировок в периоде острого инсульта на исследуемом отрезке времени не позволяет сделать однозначный вывод о возможностях данной реализации методики БОС. Однако мы получили уменьшение во 2-й группе числа пациентов с аномальной ЭМГ, что также является косвенным аргументом в пользу БОС-тренировки.

Полученные биомеханические данные согласуются с результатами оценки по шкалам, где также отмечен незначительно лучший результат во 2-й группе.

Таким образом, мы не получили негативного эффекта применения БОС-тренировки у больных в острой стадии церебрального инсульта. Более подробные данные могут быть получены в дальнейшем исследовании.

Литература/References

1. Парфенов В.А., Хасанова Д.Р. Ишемический инсульт. М.: МИА, 2012. / Parfenov V.A., Khasanova D.R. Ishemicheskii insult. M.: MIA, 2012. [in Russian]
2. Скворцова В.И. Снижение заболеваемости, смертности и инвалидности от инсультов в Российской Федерации. М.: Литера, 2007. / Skvortsova V.I. Snizhenie zaboлеваemosti, smertnosti i invalidnosti ot insul'tov v Rossiiskoi Federatsii. M.: Литера, 2007. [in Russian]
3. Canning CG, Ada L, O'Dwyer NJ. Abnormal muscle activation characteristics associated with loss of dexterity after stroke. *J Neurol Sci* 2000; 176 (1): 45–56.
4. Cesqui B, Tropea P, Micera S, Krebs H. EMG-based pattern recognition approach in post stroke robot-aided rehabilitation: a feasibility study. *J Neuroeng Rehabil* 2013; 10: 75.
5. Darling W, Cole K. Muscle activation patterns and kinetics of human index finger movements. *J Neurophysiol* 1990; 63: 1098–108.
6. Dejnabadi H, Jolles BM, Aminian K. A new approach to accurate measurement of uniaxial joint angles based on a combination of accelerometers and gyroscopes. *IEEE Trans Biomed* 2005; p. 1478–84.
7. El-Zayat BE, Efe T, Heidrich A et al. Objective assessment of shoulder mobility with a new 3D gyroscope – a validation study. *BMC Musculoskelet Disord* 2011; 12: 16.
8. Ertzgaard P, Ohberg F, Gerdl B, Grip H. A new way of assessing arm function in activity using kinematic Exposure Variation Analysis and portable inertial sensors – A validity study. *Manual Ther* 2016; 21: 241–9.
9. Fugl-Meyer A, Jaasko L, Leyman I et al. The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med* 1975; 7: 3–31.
10. Giggins OM, Persson UM, Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil* 2013; 10: 60.
11. Gordon N, Gulanick M, Costa F et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors. *Circulation* 2004; 109: 2031–41.
12. Heart Disease and Stroke Statistics-2013 Update: A Report From the American Heart Association, *Circulation* is published by the American Heart Association, 7272 Greenville Avenue, Dallas, TX 75231.
13. Hsiu-Yun H, Cheng-Feng L, Fong-Chin S et al. Clinical application of computerized evaluation and re-education biofeedback prototype for sensorimotor control of the hand in stroke patients. *J Neuroeng Rehabil* 2012; 9: 26.
14. Huang S, Luo C, Ye S, Liu F et al. Motor impairment evaluation for upper limb in stroke patients on the basis of a microsensor. *Int J Rehabil Res* 2012; 35: 161–9.
15. Kleine BU, Schumann NP, Bradl I et al. Surface EMG of shoulder and back muscles and posture analysis in secretaries typing at visual display units. *Int Arch Occup Environ Health* 1999; 72 (6): 387–94.
16. Kollen BJ, Lennon S, Lyons B et al. The effectiveness of the Bobath Concept in stroke rehabilitation: what is the evidence? *Stroke* 2009; 40 (4): e89–e97.
17. Kwakkel G, Kollen BJ, Van der Grond J, Prevo AJ. Probability of regaining dexterity in the flaccid upper limb: impact of severity of paresis and time since onset in acute stroke. *Stroke* 2003; 34 (9): 2181–6.

18. Lang CE, Wagner JM, Edwards DE, Dromerick AW. Upper extremity use in people with hemiparesis in the first few weeks after stroke. *JNPT* 2007; 31: 56–63.
19. Morris JH, Van Wijck F, Joice S, Donaghy M. Predicting health related quality of life 6 months after stroke: the role of anxiety and upper limb dysfunction. *Disabil Rehabil* 2013; 35 (4): 291–9.
20. Murphy M, Willens HJ, Sunnerhagen KS. Kinematic variables quantifying upper-extremity performance after stroke during reaching and drinking from a glass. *Neurorehabil Neural Repair* 2011; 1: 71–80.
21. Nijland RH, Van Wegen EE, Harmeling-van der Wel BC, Kwakkel G. Presence of finger extension and shoulder abduction within 72 hours after stroke predicts functional recovery: early prediction of functional outcome after stroke: the EPOS cohort study. *Stroke* 2010; 41: 745–50.
22. Oonagh M, Giggins OM, Persson UM, Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil* 2013; 10: 60.
23. Pollock A, Farmer S, Brady M, Langhorne P. Interventions for improving upper limb function after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; 11.
24. Rundquist P, Dumit M, Hartley J et al. Three-dimensional shoulder complex kinematics in individuals with upper extremity impairment from chronic stroke. *Disabil Rehabil* 2011; p. 1–6.
25. Rymer WZ, Katz RT. Mechanism of spastic hypertonia. *Phys Med Rehab* 1994; 8: 442–53.
26. Roetenberg D, Luinge HJ, Baten CT. Compensation of magnetic disturbances improves inertial and magnetic sensing of human body segment orientation. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2005; 13 (3): 395–405.
27. Thrane G, Emaus N, Askim T, Anke A. Arm use in patients with subacute stroke monitored by accelerometry: Association with motor impairment and influence on self-dependence. *J Rehabil Med* 2011; 43 (4): 299–304.
28. Van der Pas SC, Verbunt JA, Breukelaar DE et al. Assessment of arm activity using triaxialaccelerometry in patients with a stroke. *Arch Phys Med* 2011; 92 (9): 1437–42.
29. Veerbeek JM, Kwakkel G, Van Wegen EE et al. Early prediction of outcome of activities of daily living after stroke: a systematic review. *Stroke* 2011; 42: 1482–8.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кауркин Сергей Николаевич – науч. сотр. Центра спортивной медицины и реабилитации НИИ ФГБУ ФНКЦ специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий. E-mail: kaurkins@bk.ru

Скворцов Дмитрий Владимирович – д-р мед. наук, проф. каф. реабилитации, спортивной медицины и физической культуры ФГБОУ ВО РНИМУ

им. Н.И.Пирогова, рук. центра спортивной медицины и реабилитации НИИ ФГБУ ФНКЦ специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий. E-mail: rsmu@rsmu.ru или hr@fnkc-fmba.ru

Иванова Галина Евгеньевна – д-р мед. наук, проф., зав. каф. мед. реабилитации, зав. отд. медико-социальной реабилитации инсульта НИИ цереброваскулярной патологии и инсульта ФГБОУ ВО РНИМУ

им. Н.И.Пирогова, гл. специалист по мед. реабилитации Минздрава России, председатель Общероссийской общественной организации содействия развитию медицинской реабилитологии «Союз реабилитологов России». E-mail: rsmu@rsmu.ru