

РЕЗЮМЕ

А. А. Потапчук, Е. В. Казанская

Физическая реабилитация детей первого года жизни с перинатальными повреждениями центральной нервной системы

Исследование проводилось на базе детской поликлиники Санкт-Петербурга (ТМО № 114). Общее количество исследуемых детей составило 105, в возрасте от 1 до 12 месяцев. В основную группу вошел 51 ребенок, в контрольную — 54. Доказана эффективность применения предложенной методики физической реабилитации для коррекции имеющихся нарушений и повышения уровня здоровья у детей первого года жизни.

Ключевые слова: физическая реабилитация, перинатальное повреждение центральной нервной системы, гидрокinezотерапия, фитбол-гимнастика.

SUMMARY

А. А. Potapchuk, E. V. Kazanskaya

Physical rehabilitation of the children under one year with perinatal injuries of CNS

The study was conducted on the basis of the Saint-Petersburg's children's polyclinic (TMO №114 of Primorski district). Total quantity of the children was 105 of the age from 1 to 12 months. 51 children were included in main group and 54 children were included in control group. The efficiency of the application of the proposed method of physical rehabilitation to correct existing violations and improve the level of health in children under one year was proved during the study.

Keywords: physical rehabilitation, prenatal malfunction of the CNS, hydrokinesotherapy, fitball-gymnastik.

© Коллектив авторов, 2016 г.
УДК [612.886-036.865:617.57]:681.322.067

А. А. Кондур, Е. В. Бирюкова,
С. В. Котов, Л. Г. Турбина, А. А. Фролов**КИНЕМАТИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ ПАЦИЕНТА КАК ОБЪЕКТИВНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ В ПРОЦЕССЕ НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКЗОСКЕЛЕТА РУКИ, УПРАВЛЯЕМОГО ИНТЕРФЕЙСОМ «МОЗГ – КОМПЬЮТЕР»**

Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М. Ф. Владимирского; Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва; Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова

ВВЕДЕНИЕ

Нарушение функции верхней конечности является последствием инсульта для 50 – 70 % пациентов в острой фазе [9, 10] и для 40 % пациентов в хронической фазе заболевания [6]. В последнее десятилетие для восстановления моторики руки после инсульта в России и за рубежом применяется неинвазивный интерфейс «мозг – компьютер» (ИМК), управляющий экзоскелетом кисти. В основе этой технологии лежит активация сенсомоторных зон коры головного мозга, возникающая при целенаправленном кинестетическом воображении движения [8]. Получены предварительные данные, свидетельствующие об эффективности примене-

ния технологии «ИМК + экзоскелет» у больных с постинсультными парезами в различные восстановительные периоды [1, 2, 4]. Исследования эффективности требуют максимально точной объективизации результатов. С этой целью применяются традиционные клинические шкалы оценки двигательной функции (ДФ) руки, однако они, по сути, субъективны и, самое главное, недостаточно чувствительны для описания двигательных изменений, происходящих в ходе восстановительного лечения [11]. В отличие от использования клинических шкал, биомеханические параметры движений исключают субъективную составляющую и дают численные, физиологически интерпретируемые данные о состоянии ДФ [3].

В нашей работе регистрировался так называемый кинематический портрет (КП) пациента — изолированные движения в суставах руки. Из-за необходимости фиксировать все степени свободы, кроме включенной в тестовое движение, изолированное движение представляет собой сложную синергию, которая нарушается после инсульта [12]. Поэтому КП позволяет не только оценить состояние ДФ каждого сустава руки, но и проследить эволюцию двигательных синергий в ходе восстановления ДФ. Результаты анализа биомеханических параметров сравнивали с данными традиционных клинических шкал.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведение исследования одобрено Этическим комитетом МОНКИ (протокол № 9 от 2 октября 2014 г.). Пациент подписывал информированное согласие на участие в исследовании. Протокол исследования зарегистрирован в международном реестре клинических исследований Национального института здоровья США ClinicalTrials.gov (Identifier: NCT02325947).

Под нашим наблюдением находился пациент 52 лет, перенесший ишемический инсульт в бассейне левой средней мозговой артерии, с правосторонним центральным гемипарезом, с выраженным нарушением двигательных функций в руке. На момент исследования давность инсульта составляла 4 месяца. Перед госпитализацией сила мышц паретичной руки была снижена, мышечный тонус и сухожильные рефлексы повышены. Спастика в мышцах правых конечностей выражена преимущественно в аддукторах плеча, сгибателях предплечья и пальцев, пронаторах предплечья.

Реабилитация пациента проводилась с использованием экзоскелета кисти, управляемого ИМК. Подробно процедура описана в работах [1, 2].

Для оценки изменений двигательной функции руки до начала и после 10 процедур как для паретичной, так и для сохранной руки, регистрировался КП пациента – активные движения, соответствующие всем степеням свободы руки (сгибание/разгибание и приведение/отведение кисти; сгибание/разгибание и пронация/супинация локтя; сгибание/разгибание, приведение/отведение и вращение плеча), выполняемые с удобной скоростью и максимальной амплитудой, по возможности оставляя неподвижными суставы, не включенные в инструкцию. Для регистрации использовалась электромагнитная система trakStar (Ascension Techn. Corp.) с четырьмя датчиками, расположенными на кисти, предплечье, плече и акромионе лопатки.

По данным регистрации движений вычислялись суставные углы, угловые скорости и ускорения [5],

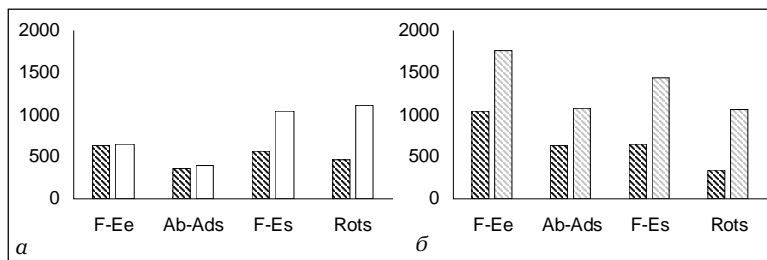


Рис. 1. Максимальные значения угловых ускорений [град/с²] сгибания в локте (F-Ee), отведения в плече (Ab-Ads), сгибания в плече (F-Es) и вращения относительно продольной оси плеча (Rots): а – максимальные ускорения в суставах паретичной руки; черной штриховкой – до, белым – после курса реабилитации; б – максимальные ускорения в суставах сохранной руки; черным – до, серым – после курса реабилитации

а также структура двигательных синергий – вклады суставных углов в выполняемое движение.

Для клинической оценки изменения двигательной функции руки использовались следующие международные шкалы: Британская шкала оценки мышечной силы (MRC-SS), модифицированная шкала Ашворта (MAS) и шкала Fugl – Meyer.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

До начала исследований пациент мог выполнить только 4 из 7 предлагаемых движений: сгибание в локтевом суставе и отведение, сгибание и ротацию в плечевом суставе. Сравнение этих движений до и после процедур дало следующие результаты.

1. Как для паретичной, так и для сохранной руки увеличились угловые ускорения (рис. 1), пропорциональные суммарному моменту мышечных сил, действующих на сустав. В результате проведенного

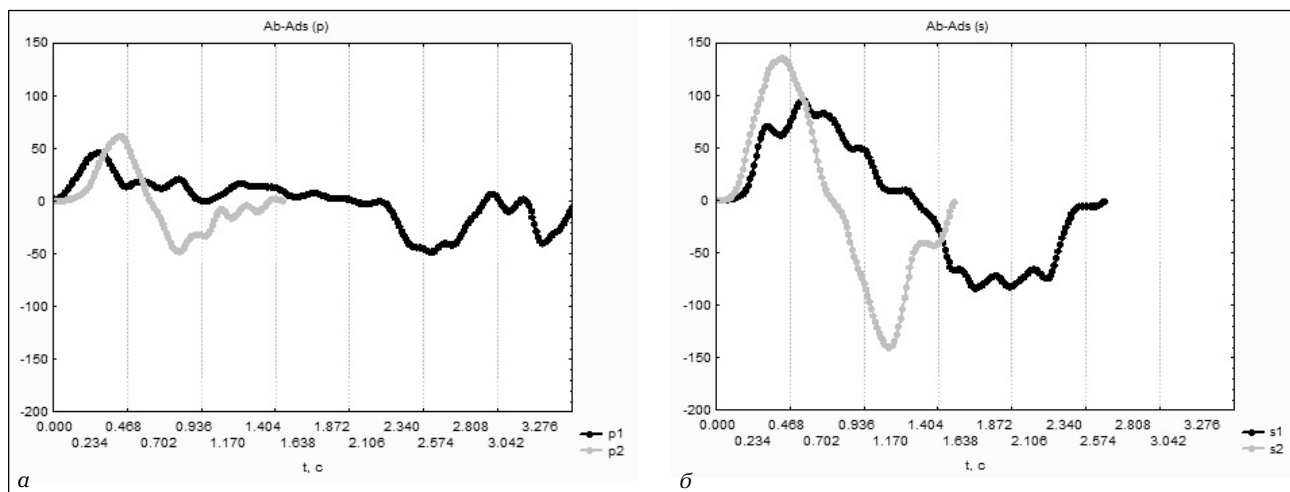


Рис. 2. Угловые скорости [град/с] отведения в плечевом суставе до (черным) и после (серым) курса реабилитации: а – для паретичной; б – для сохранной руки

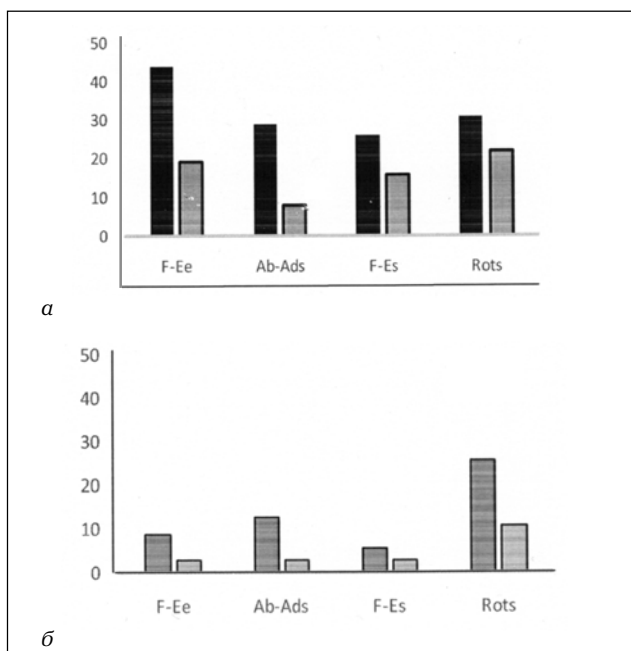


Рис. 3. Число пересечений нуля угловым ускорением: а – для суставов паретичной руки; черным – до, серым – после курса реабилитации; б – для суставов сохранной руки; темно-серым – до, серым – после курса реабилитации

курса реабилитации имело место существенное увеличение силы мышц плечевого сустава паретичной руки (рис. 1, а) и локтевого и плечевого суставов сохранной руки (рис. 1, б).

2. Как для паретичной, так и для сохранной руки кривые скоростей стали более плавными (рис. 2). Локальные экстремумы угловой скорости характеризуют возвратные движения, связанные со спастичностью мышц. Поэтому спастичность сустава часто оценивают по числу локальных экстремумов угловой скорости или по числу пересечений нуля угло-

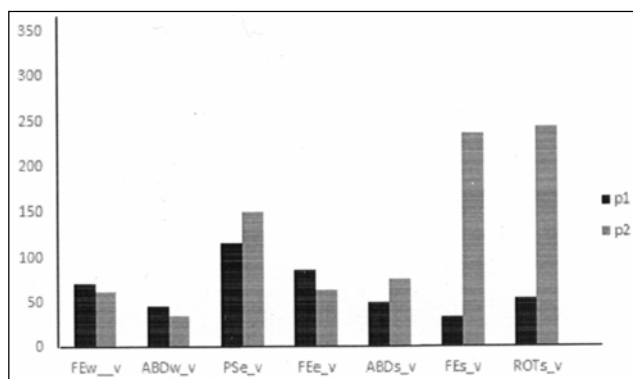


Рис. 4. Кинематический состав движения при выполнении инструкции «согнуть руку в локтевом суставе». Показаны максимумы угловых скоростей всех степеней свободы руки; черным – до, серым – после окончания процедуры

вым ускорением [3]. Это число уменьшилось как для паретичной, так и для сохранной руки (рис. 3), что свидетельствует о снижении спастичности локтевого и плечевого суставов в результате проведенных процедур.

3. Пациенту не удалось выполнить изолированные движения ни до, ни после процедур. Однако после процедур изменился кинематический состав движений. Например, в процессе выполнения инструкции «согнуть руку в локтевом суставе» существенно возросли скорости сгибания и вращения в плечевом суставе (рис. 4). Этот результат можно интерпретировать как неравномерное вовлечение в спастический процесс аддукторов плеча, пронаторов предплечья и сгибателей руки, что характерно для раннего восстановительного периода после инсульта [7]. Увеличение скоростей в плечевом суставе отразило компенсаторные процессы этого периода.

5. Вовлечение проксимальных отделов руки в двигательную синергию, выявленное с помощью биомеханического анализа (рис. 4), находится в соответствии с оценкой ДФ проксимального отдела руки по шкале Fugl – Meyer (таблица). Напротив, увеличение силы мышц (рис. 1) и уменьшение спастичности (рис. 3) не нашло своего отражения в параметрах шкал MRC-SSи MAS (таблица). Как показал биомеханический анализ, ДФ сохранной руки также улучшилась в ходе реабилитации (рис. 1, б; рис. 3, б), однако эти изменения также не фиксировались с помощью параметров клинических шкал (таблица). Таким образом, биомеханические параметры движений оказались более точной и чувствительной оценкой состояния ДФ.

ВЫВОДЫ

Биомеханический анализ кинематического портрета пациента позволяет получить объективную оценку состояния ДФ руки в каждом суставе и проследить ее эволюцию в ходе восстановительных процедур, что дает возможность оценить эффективность реабилитации. Кинематический портрет оказался более чувствительным по сравнению с клиническими шкалами, что позволяет использовать его для оценки эффективности новых методов нейро-реабилитации, в частности, экзоскелета кисти, управляемого ИМК.

Значения параметров клинических шкал до и после процедур

Параметр	Паретичная рука		Сохранная рука	
	до	после	до	после
MRC-SS	1	1	5	5
MAS	3	3	0	0
Fugl-Meyer (проксимальный отдел)	10	16	34	34

Работа поддержана грантами РФФИ 16-29-08247 офи-м, 16-04-00962 а и 16-04-01506 а и Министерством образования и науки РФ, грант RFMEFI60715X0128.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котов С. В., Турбина Л. Г., Бобров П. Д. и др. Реабилитация больных, перенесших инсульт, с помощью биоинженерного комплекса «интерфейс мозг – компьютер + экзоскелет» // Журн. неврол. и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2014. – № 12. – С. 66 – 72.
2. Фролов А. А., Мокиенко О. А., Люкманов Р. Х. и др. Предварительные результаты контролируемого исследования эффективности технологии ИМК – экзоскелет при постинсультном парезе руки // Вестник РГМУ. – 2016. – № 2. – С. 17 – 25.
3. AltMurphy M. A., Hager C. K. Kinematic analysis of the upper extremity after stroke – how far have we reached and what have we grasped? // Physical Therapy Reviews. – 2015. – Vol. 20. – P. 137 – 155.
4. Ang K. K., Chua K. S., Phua K. S. et al. A Randomized Controlled Trial of EEG-Based Motor Imagery Brain-Computer Interface Robotic Rehabilitation for Stroke // Clinical EEG and Neuroscience. – 2015. – Vol. 46. – № 4. – P. 310 – 320.
5. Biryukova E. V., Roby-Brami A., Frolov A. A. et al. Kinematics of human arm reconstructed from Spatial Tracking System recordings // J. of Biomechanics. – 2000. – Vol. 33. – № 8. – P. 985 – 995.
6. Broeks J. G., Lankhorst G. J., Rumping K. et al. The longterm outcome of arm function after stroke: results of a follow-up study // Disabil. Rehabil. – 1999. – Vol. 21. – P. 357 – 364.
7. Brunstrom S. Movement Therapy in Hemiplegia: A Neurophysiological Approach // 1st Edn Hagerstown, MD – Harper & Row, 1970.
8. Buch E., Weber C., Cohen L. G. et al. Think to move: a neuromagnetic brain-computer interface (BCI) system for chronic stroke // Stroke. – 2008. – Vol. 39. – P. 910 – 917.
9. Nakayama H., Jorgensen H. S., Raaschou H. O. et al. Recovery of upper extremity function in stroke patients: the Copenhagen Stroke Study // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1994. – Vol. 75. – P. 394 – 398.
10. Persson H. C., Parziali M., Danielsson A. et al. Outcome and upper extremity function within 72 hours after first occasion of stroke in an unselected population at a stroke unit. A part of the SALGOT study // BMC Neurol. – 2012. – Vol. 12. – P. 162.
11. Scott S. H., Dukelow S. P. Potential of robots as next-generation technology for clinical assessment of neurological disorders and upper-limb therapy // J. of Rehabilitation Research & Development. – 2011. – Vol. 48. – P. 335 – 353.
12. Zackowski K. M., Dromerick A. W., Sahrman S. A. et al. How do strength, sensation, spasticity and joint individuation relate to the reaching deficits of people with chronic hemiparesis? // Brain. – 2004. – Vol. 127. – P. 1035 – 1046.

РЕЗЮМЕ

А. А. Кондур, Е. В. Бирюкова, С. В. Котов,
Л. Г. Турбина, А. А. Фролов

Кинематический портрет пациента как объективный показатель состояния двигательной функции в процессе нейрореабилитации с использованием экзоскелета руки, управляемого интерфейсом «мозг – компьютер»

Приведены результаты биомеханического анализа двигательной функции (ДФ) руки постинсультного больного в процессе проведения курса нейрореабилитации с использованием экзоскелета кисти, управляемого интерфейсом «мозг – компьютер». В начале и по окончании курса регистрировался кинематический портрет пациента – произвольные изолированные движения по каждой из семи степеней свободы как паретичной, так и сохранной руки. Угловые ускорения принимались в качестве оценки силы мышц, число возвратных движений – в качестве оценки спастичности сустава, кинематический состав движения – в качестве описания патологической синергии, возникшей после инсульта. Эти параметры дают объективную численную оценку как состояния ДФ, так и эффективности реабилитационных процедур.

Ключевые слова: двигательная функция руки, кинематический портрет, биомеханический анализ, восстановление движений после инсульта.

SUMMARY

A. A. Kondur, E. V. Biryukova, S. V. Kotov,
L. G. Turbina, A. A. Frolov

The kinematic portrait of a patient as an objective indicator of motor function in the process of neurorehabilitation with hand exoskeleton controlled by the brain – computer interface

The results of biomechanical analysis of the motor function of the arm of poststroke patient in the process of neurorehabilitation with exoskeleton of the hand controlled by brain – computer interface are presented in this paper. At the beginning and end of the course it was registered the kinematic portrait of the patient – isolated random movements for each of the seven degrees of freedom as the paretic and intact arms. Angular accelerations were taken as an assessment of muscle forces, the number of reverse movements was taken as an assessment of joint spasticity, and the kinematic content of the movement as a description of pathological synergy arising after stroke. These parameters give an objective numerical assessment of motor function as well as of rehabilitation technology effectiveness.

Keywords: motor function of the arm, kinematic portrait, biomechanical analysis, poststroke motor recovery.