



ДВИГАТЕЛЬНАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ПАЦИЕНТА С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ПОЗВОНОЧНО-СПИННОМОЗГОВОЙ ТРАВМЫ МЕТОДОМ НЕИНВАЗИВНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА В СОЧЕТАНИИ С МЕХАНОТЕРАПИЕЙ

С.В. Виссарионов¹, И.Ю. Солохина¹, Г.А. Икоева¹, М.В. Савина¹,
Т.Р. Мошонкина², А.Г. Баиндурашвили¹, Ю.П. Герасименко²

¹Научно-исследовательский детский ортопедический институт имени Г.И. Турнера, Санкт-Петербург

²Институт физиологии им. И.П. Павлова, Санкт-Петербург

Представлено клиническое наблюдение лечения пациента с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы с применением неинвазивной электростимуляции спинного мозга в сочетании с механотерапией.

Ключевые слова: неинвазивная электрическая стимуляция спинного мозга, позвоночно-спинальная травма, реабилитация, механотерапия, стимуляция опорных зон стоп.

MOTOR REHABILITATION OF PATIENTS
WITH CONSEQUENCES OF SPINAL CORD INJURY
USING NONINVASIVE ELECTRICAL STIMULATION
OF THE SPINAL CORD COMBINED
WITH MECHANOTHERAPY

S.V. Vissarionov, I.Yu. Solokhina, G.A. Ikoeva, M.V. Savina,
T.R. Moshonkina, A.G. Baindurashvili, Yu.P. Gerasimenko

The paper presents a clinical case of a patient with the consequences of spinal cord injury treated with the use of noninvasive electrical stimulation of the spinal cord in combination with mechanotherapy.

Key Words: noninvasive electrical stimulation of the spinal cord, spine and spinal cord injury, rehabilitation, mechanotherapy, stimulation of foot support zones.

Для цитирования: Виссарионов С.В., Солохина И.Ю., Икоева Г.А., Савина М.В., Мошонкина Т.Р., Баиндурашвили А.Г., Герасименко Ю.П. Двигательная реабилитация пациента с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы методом неинвазивной электростимуляции спинного мозга в сочетании с механотерапией // Хирургия позвоночника. 2016. Т. 13. № 1. С. 8–12.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2016.1.8-12>.

Please cite this paper as: Vissarionov SV, Solokhina IYu, Ikoeva GA, Savina MV, Moshonkina TR, Baindurashvili AG, Gerasimenko YuP. Motor rehabilitation of patients with consequences of spinal cord injury using noninvasive electrical stimulation of the spinal cord combined with mechanotherapy. Hir. Pozvonoc. 2016;13(1):8–12. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2016.1.8-12>.

Восстановительное лечение пациентов с травматическими повреждениями спинного мозга является одной из актуальных проблем современной медицины. Важность и значимость такого лечения продиктована высокой частотой позвоночно-спинальной травмы, сопровождающейся сложностью патогенеза травматической болезни спинного мозга и недостаточной эффективностью различных методов реабилитационной терапии

[1, 2, 4, 5]. Одним из методов, позволяющих получить хороший результат в восстановлении двигательных функций у спинальных больных, является электрическая стимуляция спинного мозга, направленная на вызов шагоподобных движений нижних конечностей. Недостатком предлагаемого способа лечения является его инвазивность, заключающаяся в имплантации стимулирующих электродов непосредственно на поверхность твердой

мозговой оболочки спинного мозга и требующая проведения оперативного вмешательства. Кроме того, как и все хирургические манипуляции, он сопряжен с рядом рисков и возможных осложнений. Несколько лет назад был разработан метод чрескожной электрической стимуляции спинного мозга (ЧЭССМ), приводящий к возникновению локомоторных движений у человека и животных [6]. Сущность метода заключается в использовании

электрических импульсов сложной формы вместо стандартных прямоугольных импульсов. Особая форма стимулирующих импульсов делает токи большой интенсивности, необходимые для эффективного воздействия на спинной мозг, безболезненными для человека с нормальной чувствительностью. Одновременно в нескольких клиниках его начали использовать для двигательной реабилитации спинальных пациентов. В результате этих исследований показано, что неинвазивная электрическая стимуляция спинного мозга приводит к увеличению мышечной силы, улучшению тактильной и болевой чувствительности, к возникновению произвольных движений и восстановлению баланса тела [7–9]. В ряде исследований имеются данные, посвященные оценке результатов реабилитации пациентов с осложненными повреждениями позвоночника методом чрескожной стимуляции спинного мозга [7–9].

Однако до настоящего времени в литературе отсутствовали работы, посвященные неинвазивной стимуляции спинного мозга в сочетании с механотерапией у пациентов после позвоночно-спинномозговой травмы с помощью данной методики. Цель исследования – анализ результатов восстановительного лечения пациента с повреждением спинного мозга.

Пациент В., 17 лет, получил повреждение позвоночника и спинного мозга в результате автомобильной аварии более 7 лет назад. У больного был взрывной перелом тел Th₆–Th₉ с формированием кифотической деформации на этом уровне и ушибом спинного мозга. Хирургическое вмешательство осуществлено через 3 мес. после травмы. В ходе операции одномоментно выполнены коррекция посттравматической кифотической деформации позвоночника в грудном отделе позвоночника многоопорной металлоконструкцией в сочетании с задним спондилоде-

зом аутокостью из дорсального доступа и дискэктомия на уровне Th₆–Th₉ позвонков со спондилодезом кортикальным аллотрансплантатом (рис. 1).

В неврологической картине у пациента отмечался нижний глубокий парализ с акцентом слева (0–1 балл), с чувствительными нарушениями с уровня Th₉. После хирургического лечения ребенок регулярно получал амбулаторные и стационарные курсы медикаментозной терапии и восстановительного лечения, включающие лечебную физкультуру, массаж конечностей, роботизированную механотерапию на системе «Локомат». Несмотря на проводимые многочисленные курсы лечебных мероприятий на протяжении семи лет, положительной динамики в восстановлении неврологических нарушений не отмечалось.

При поступлении в стационар состояние по заболеванию тяжелое. Нарушение чувствительности с уровня Th₈–Th₉ по проводниковому типу

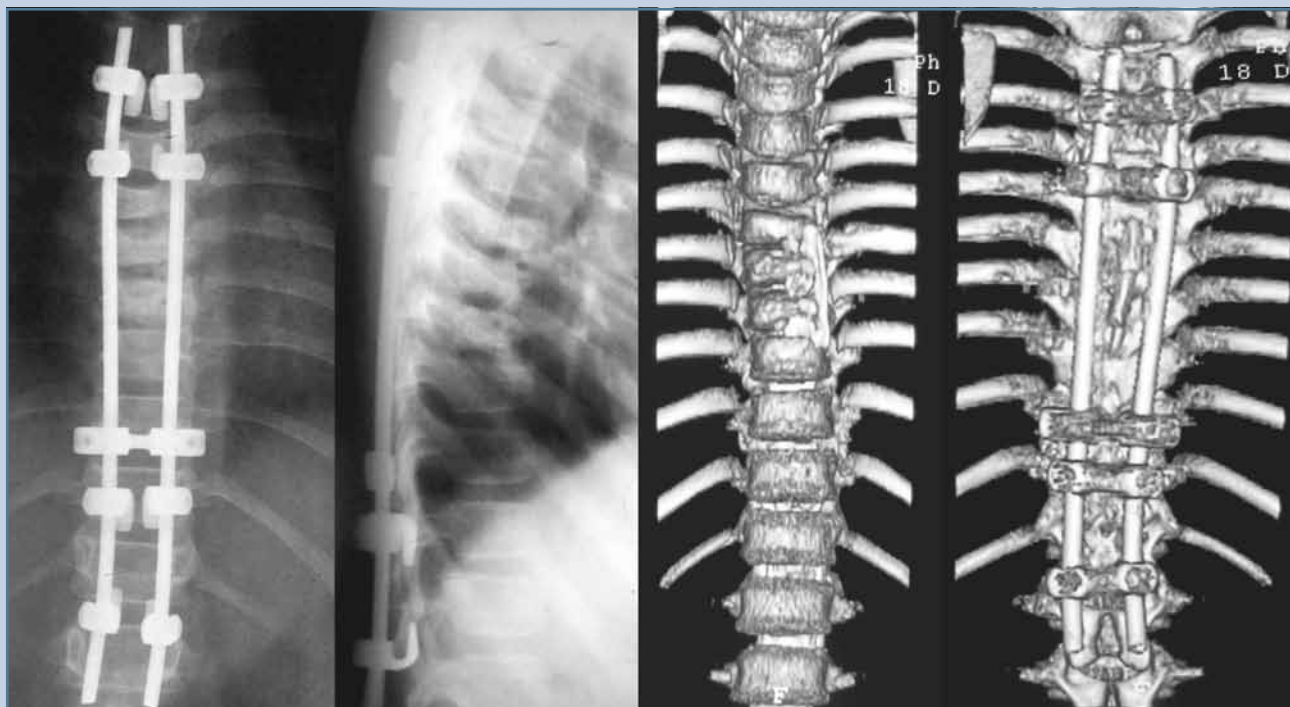


Рис. 1

Рентгенограммы и КТ пациента В., 9 лет, со взрывным переломом Th₆–Th₉ позвонков, ушибом спинного мозга после хирургического лечения

(мозаичный тип с более сохраненной чувствительностью справа). Глубокая чувствительность сохранена. Мышечная сила в нижних конечностях снижена: справа 0–1 балл, слева 0 баллов. Наблюдаются отдельные активные движения в нижних конечностях: напрягает мышцы бедер, лучше справа; минимальные, мелкоамплитудные движения в пальцах правой стопы, 4–5 с удерживает правую нижнюю конечность, согнутую в коленном суставе с опорой стопы на плоскости (рис. 2); гипотрофия мышц нижних конечностей.

При оценке неврологического статуса использовали международную шкалу ASIA – международный стандарт неврологической и функциональной классификации повреждений спинного мозга. Представленная классификация позволяет снизить субъективные оценки неврологического статуса и делает результаты осмотра более объективными и достоверными. Двигательная активность по данной шкале составила 53 балла, болевая и тактильная чувствительность – 42 балла.

Электронейромиографическое (ЭНМГ) исследование проводили

на 4-канальном электронейромиографе методом оценки скорости проведения и определения амплитудных показателей сенсорных и моторных ответов при стимуляции большеберцового, малоберцового, икроножного нервов, методом F-волны и H-рефлекса с двух сторон по стандартной методике [3]. Для оценки функционального состояния проводящих путей спинного мозга проводили исследование соматосенсорных вызванных потенциалов на стимуляцию большеберцового нерва (ССВП *n. tibialis*) с обеих сторон с регистрацией потенциалов поясничного утолщения P20–N22, коркового потенциала P38–N46, с учетом амплитуд, абсолютных и межпиковых латентностей ответов. По данным ЭНМГ отмечалось в значительной степени снижение амплитуд М-ответов при стимуляции большеберцового нерва слева (2 мВ), отсутствие сенсорных потенциалов при исследовании сенсорных волокон левой нижней конечности, что указывало на поражение мотонейронов спинного мозга на уровне S_1 – S_2 слева и периферических сенсорных волокон левой нижней конечности. Признаки поражения

периферических сенсорных и моторных волокон правой нижней конечности, мотонейронов спинного мозга на уровне поясничного утолщения справа отсутствовали. Отмечалось увеличение амплитуды Н-рефлекса справа до 35 %, что указывало на снижение супрасегментарного контроля мышечной активности. Исследование ССВП *n. tibialis* при стимуляции справа показало наличие только потенциала поясничного утолщения P20–N22, а P38–N46 отсутствовал, что свидетельствовало о полном нарушении проведения соматосенсорной афферентации по проводящим путям спинного мозга выше уровня поясничного утолщения. При исследовании ССВП *n. tibialis* слева P20–N22 не регистрировался, что объяснялось нарушением проведения по сенсорным волокнам на периферическом уровне (рис. 3).

В течение двух недель было проведено 20 процедур ЧЭССМ, по 2 процедуры в день, 5 дней в неделю. Длительность каждой процедуры составила 30 мин. ЧЭССМ осуществляли одновременно на двух уровнях спинного мозга с помощью стимулятора «Кулон-2» (ГУАП). Электроды (катод) фиксировали между остистыми отростками позвонков Th₁₁–Th₁₂ и L₁–L₂ (круглые электроды с адгезивным слоем диаметром около 3 см, BF-4, «LEAD-LOC, Inc.»), индифферентный электрод (анод) располагали над гребнями подвздошных костей (овальные электроды с адгезивным слоем длиной 10 см по длинной оси, SS-3). Частота стимуляции составила 30 Гц, длительность импульса – 1 мс. Интенсивность тока подбирали в процессе процедуры в зависимости от ощущений пациента: до появления сокращений мышц нижних конечностей или до появления неприятных ощущений у пациента, и тогда параметры тока снижали. Амплитуду тока увеличивали в процессе каждой процедуры, рабочая интенсивность тока варьировала в пределах от 30 до 140 мА. Процедуры ЧЭССМ проходили синхронно с одним из двух видов механотерапии, виды механотерапии строго чередовали. В одном случае пациент распо-



Рис. 2

Удержание правой нижней конечности, согнутой в коленном суставе с опорой на плоскости, в положении на спине; стимуляция отключена

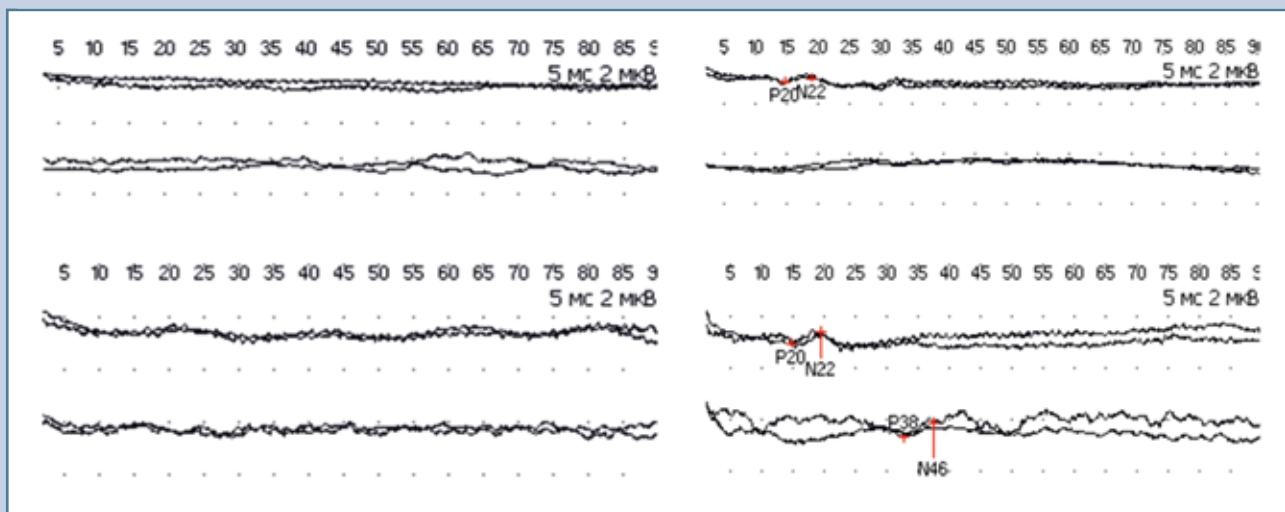


Рис. 3

Оригинальные записи соматосенсорных вызванных потенциалов *n. tibialis* при стимуляции справа до и после проведения электростимуляции: верхняя пара кривых – отведение Lumb 3(2)-Fc, нижняя – отведение Cz-Fpz; до стимуляции справа достоверно регистрируется потенциал поясничного утолщения P20-N22; после стимуляции отмечается появление коркового потенциала P38-N46

лагался лежа на спине и получал стимуляцию опорных зон стоп с помощью «Корвит» (ООО ВИТ). Во втором – в положении сидя ноги осуществляли циклические велосипедные движения с помощью тренажера для активно-пассивной реабилитации нижних конечностей «Thera-fit plus». В течение всего курса реабилитации проводили контроль реакции пациента на нагрузку.

Через 2 недели после стимуляции появилась положительная динамика в субъективных ощущениях пациента в виде повышения переносимости процедуры ЧЭССМ, отмечен положительный эффект улучшения функции со стороны нижних конечностей, подтвержденный инструментальными методами исследования и результатом неврологической оценки. Субъективно пациент отмечал ощущение прироста мышечной силы и увеличение переносимости больших воздействий электрической стимуляции спинного мозга в процессе процедур. Отмечено увеличение времени до 15 с удержания правой нижней конечности, согнутой в коленном суставе с оп-

рой на плоскости, сразу и через 7 дней после проведенного курса стимуляции. Зарегистрировано увеличение силы мышц нижних конечностей на 1 балл (двигательная активность – 54, чувствительность – 42). С целью оценки динамики функционального состояния спинного мозга проведены ЭНМГ-исследования и исследование ССВП *n. tibialis* через 7 дней с момента окончания курса стимуляции. ЭНМГ нижних конечностей не показала значимых изменений по сравнению с результатами до курса ЧЭССМ. Однако эти изменения не явились качественно значимыми для реабилитации и не оказали влияния на неврологическую картину у пациента. При исследовании ССВП *n. tibialis* при стимуляции справа отмечено улучшение проведения соматосенсорной афферентации по проводникам спинного мозга выше поясничного утолщения в виде появления коркового потенциала P38-N46 значительно сниженной амплитуды (0,6 мВ). Межпиковый интервал N22-P38 не превышал нормативных показателей, составив 14 мс (рис. 3). ССВП с левой нижней конеч-

ности отсутствовали, как и до курса электростимуляции, по причине полного нарушения проведения афферентации на уровне периферических сенсорных нервов.

Незначительный положительный эффект данного лечения, на наш взгляд, вероятно, связан с давностью полученного повреждения, а также коротким курсом проведенного лечения. В настоящее время не вызывает сомнения факт влияния электрической стимуляции на функциональное состояние нервных структур [7–9]. При этом эффект действия проявляется как в случае прямой электростимуляции конкретной нервной структуры, когда стимулирующие электроды располагаются непосредственно на объекте воздействия, так и при неинвазивном способе подачи электрических импульсов через расположенные на коже электроды. Тем не менее можно говорить, что использование метода ЧЭССМ в комплексе с механотерапией позволило улучшить результат консервативного лечения пациента с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы и сохранить достиг-

нутый результат через 7 дней после процедур.

В настоящее время научные исследования, направленные на улучшение или восстановление функции спинного мозга с использованием изоли-

рованной чрескожной электростимуляции или в сочетании с механотерапией, являются перспективными. Однако окончательное заключение об их эффективности и влиянии на функцию спинного мозга и его эле-

ментов требуют дальнейшего изучения и обоснования.

Работа выполнена при поддержке фонда РФФИ (грант №13-04-12023).

Литература/References

1. **Георгиева С.А., Бабиченко И.Е., Пучиньян Д.М.** Гомеостаз, травматическая болезнь головного и спинного мозга. Саратов, 1993. [Georgieva SA, Babichenko IE, Puchinjan DM. Homeostasis, Traumatic Disease of the Brain and Spinal Cord. Saratov, 1993. In Russian].
2. **Городничев Р.М., Пивоварова Е.А., Пухов А., Моисеев С.А., Савохин А.А., Мошонкина Т.Р., Щербакова Н.А., Килимник В.А., Селионов В.А., Козловская И.Б., Эджертон Р., Герасименко Ю.П.** Чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга: неинвазивный способ активации генераторов шагательных движений у человека // Физиология человека. 2012. Т. 38. № 2. С. 46–56. [Gorodnichev RM, Pivovarova EA, Puhov A, Moiseev SA, Savochin AA, Moshonkina TR, Chsherbakova NA, Kilimnik VA, Selionov VA, Kozlovskaya IB, Edgerton VR, Gerasimenko YuP. Transcutaneous electrical stimulation of the spinal cord: A noninvasive tool for the activation of stepping pattern generators in humans. Human Physiology. 2012;38(2):158–167. In Russian].
3. **Команцев В.Н., Заболотных В.А.** Методические основы клинической электромиографии. СПб., 2001. [Komatsev VN, Zabolotnykh VA. Methodical Bases of Clinical Electroneuromyography. St. Petersburg, 2001. In Russian].
4. **Коновалов А.Н., Лихтерман Л.Б., Лившиц А.В., Ярцев В.В.** Отраслевая научно-техническая программа «Травма центральной нервной системы» (к ускорению научно-технического прогресса в нейрохирургии) // Вопросы нейрохирургии. 1986. № 3. С. 3–8. [Konovalov AN, Likhтерman LB, Livshits AV, Yartsev VV. Branch scientific and technical program “Trauma to the central nervous system” (to accelerate scientific and technical progress in neurosurgery). Zh Vopr Neirokhir Im NN Burdenko. 1986;(3):31–38. In Russian].
5. **Лившиц А.В.** Хирургия спинного мозга. М., 1990. [Livshits AV. Surgery of the Spinal Cord. Moscow, 1990. In Russian].
6. **Мошонкина Т.Р., Мусиенко П.Е., Богачева И.Н., Щербакова Н.А., Никитин О.А., Савохин А.А., Герасименко Ю.П.** Регуляция локомоторной активности при помощи эпидуральной и чрескожной стимуляции спинного мозга у животных и человека // Ульяновский медико-биологический журнал. 2012. № 3. С. 129–137. [Moshonkina TR, Musienko PE, Bogacheva IN, Scherbakova NA, Nikitin OA, Savochin AA, Makarovskiy AN, Gorodnichev RM, Gerasimenko YuP. Regulation of locomotor activity by epidural and transcutaneous electrical spinal cord stimulation in the human and animals. Ulyanovsk biomedical journal. 2012;(3):129–137. In Russian].
7. **Ромоданов А.П., Рудяк К.Э.** Некоторые проблемы травмы позвоночника и спинного мозга по данным зарубежной литературы // Вопросы нейрохирургии. 1980. № 1. С. 56–62. [Romodanov AP, Rudyak KE. Some injury problems of the spine and spinal cord according to foreign literature. Zh Vopr Neirokhir Im NN Burdenko. 1980;1:56–61. In Russian].
8. **Шапкова Е.Ю.** Вызванная спинальная локомоторная активность у человека: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2005. [Shapkova EYu. Induced spinal locomotor activity in humans: Abstract of PhD Thesis in Biology. SPb., 2005. In Russian].
9. **Gerasimenko YP, Lu DC, Modaber M, Zdunowski S, Gad P, Sayenko DG, Morikawa E, Haakana P, Ferguson AR, Roy RR, Edgerton VR.** Noninvasive reactivation of motor descending control after paralysis. J Neurotrauma. 2015;32:1968–1980. DOI: 10.1089/neu. 2015.4008.

Адрес для переписки:

Виссарионов Сергей Валентинович
196603, Санкт-Петербург, Пушкин, ул. Парковая, 64–68,
НИДОИ им. Г.И. Турнера,
turner01@mail.ru

Address correspondence to:

Vissarionov Sergey Valentinovich
The Turner Scientific and Research Institute for Children's
Orthopaedics,
Parkovaya str., 64–68, Pushkin, St. Petersburg, 196603, Russia,
turner01@mail.ru

Статья поступила в редакцию 18.08.2015

Сергей Валентинович Виссарионов, д-р мед. наук, заместитель директора по научной и учебной работе; Ирина Юрьевна Солохина, научный сотрудник отделения патологии позвоночника и нейрохирургии; Галина Александровна Икоева, канд. мед. наук, заведующая отделением двигательной реабилитации; Маргарита Владимировна Савина, канд. мед. наук, научный сотрудник лаборатории физиологических и биомеханических методов исследования; Алексей Георгиевич Баиндурасвили, д-р мед. наук, проф., директор, Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера; Татьяна Ромульевна Мошонкина, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии движения; Юрий Петрович Герасименко, д-р биол. наук, проф., заведующий лабораторией физиологии движения, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург.

Sergey Valentinovich Vissarionov, MD, DMSc, Deputy Director for Research and Academic Affairs; Irina Yuryevna Solokhina, researcher in the department of spine pathology and neurosurgery; Galina Aleksandrovna Ikoeva, MD, PhD, head of the department of motor rehabilitation; Margarita Vladimirovna Savina, MD, PhD, researcher in the laboratory of physiological and biomechanical research methods; Aleksey Georgyevich Baidurashvili, MD, DMSc, Prof., Director, The Turner Research Institute for Children's Orthopaedics, St. Petersburg; Tatyana Romuljevna Moshonkina, PhD in Biology, senior researcher in the laboratory of motion physiology; Yuriy Petrovich Gerasimenko, MD, DSci in Biology, Prof., head of the laboratory of motion physiology, Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia.