

**ПРИМЕНЕНИЕ СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА В ДИАГНОСТИКЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ И РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ**

Н.С. БОФАНОВА

*ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», Медицинский институт,  
г. Пенза, ул. Лермонтова, д.3, 440026*

**Аннотация.** Распространенность черепно-мозговой травмы наиболее высока среди лиц трудоспособного возраста. Двигательные нарушения у этой категории пациентов являются доминирующими в клинике на всех стадиях заболевания. Цель исследования заключалась в оценке постуральной неустойчивости у пациентов с черепно-мозговой травмой и разработке методов наблюдения и обучения поддержанию равновесия у пациентов с двигательными нарушениями. Обследованы 40 пациентов с черепно-мозговой травмой и 30 здоровых лиц контрольной группы. Описаны и проанализированы особенности стабилOMETРИЧЕСКИХ показателей у пациентов с последствиями черепно-мозговой травмы различной степени тяжести. СтабилOMETРИЧЕСКАЯ платформа использовалась также для обучения поддержанию равновесия с использованием принципа визуальной биологической обратной связи пациентов с последствиями черепно-мозговой травмы.

**Ключевые слова:** черепно-мозговая травма, двигательные нарушения, стабилOMETРИЯ, биологическая обратная связь.

**USE OF STABILOMETRIC METHOD IN DIAGNOSIS OF MOTOR IMPAIRMENTS AND REHABILITATION OF PATIENTS WITH BRAIN INJURY**

N.S. BOFANOVA

*Penza State University, Medical Institute*

**Abstract.** The incidence of brain injury is the highest among the able-bodied people. Motor impairments are typical for these patients at all stages of the disease. The aim of the study was to assess postural instability in patients with brain injury and develop methods for the follow up and training of the balance skills in patients with motor impairment. We examined forty patients with traumatic brain injury and thirty healthy age-matched controls. Features of the stabilometric indicators are described and discussed in the groups of patients with brain injuries of varying severity. Stabilometric platform was used also for the balance skill training with the visual biofeedback of patients with brain injury.

**Key words:** brain injury, motor impairments, stabilometry, biofeedback.

*Черепно-мозговая травма (ЧМТ)* является одной из важнейших медицинских и социально-экономических проблем в связи с высокой распространенностью, преобладанием среди пострадавших лиц трудоспособного возраста, тяжестью медицинских и социальных последствий. Частота ЧМТ в России на 1000 населения в год колеблется от 1,8 до 4,7 (в среднем 4,0-4,5) [1, 3, 6].

По типам выделяют изолированную ЧМТ, сочетанную ЧМТ, когда черепно-мозговые повреждения сопровождаются механическими повреждениями других органов и комбинированную ЧМТ, когда на организм действуют различные травмирующие факторы. Выделяют также повторную ЧМТ, которая возникает на фоне резидуальных явлений предыдущей травмы) [3]. Среди отдаленных последствий травматического поражения головного мозга двигательные нарушения имеют важное значение. При ЧМТ различной степени тяжести неврологическая симптоматика представлена двигательными, чувствительными, координаторными расстройствами, которые присутствуют как на ранних, так и на поздних стадиях заболевания [3,6].

Большая распространенность данной патологии среди лиц трудоспособного возраста, тяжесть и выраженность двигательных и вестибулярных нарушений у пациентов с ЧМТ в анамнезе, значимость этой неврологической симптоматики для качества жизни больных, трудности терапии и реабилитации делают проблемы диагностики и лечения пациентов с ЧМТ в анамнезе весьма актуальными [3].

ЧМТ, вызывающие нарушения сознания, практически всегда влекут за собой дефекты двигательной функции, в том числе нарушения позного контроля. Эффективность восстановительного лечения может отражаться в изменении отдельных параметров движений и поддержания больным вертикальной позы [7].

Среди современных технологий, получивших развитие за последние десятилетия, стабилOMETРИЯ используется также для оценки эффективности реабилитационных мероприятий пациентов с двигательными дефектами различного генеза [5]. Для объективизации реабилитационного процесса у пациентов с последствиями ЧМТ необходимо определить набор стабилОГРАФИЧЕСКИХ показателей, содержащий интегративную

оценку состояния равновесия, которые будут служить дифференциально-диагностическим критерием данной патологии и нормы.

В настоящее время для коррекции двигательных нарушений различного генеза используется метод стабиллографического тренинга с биологической обратной связью [2, 8]. Биологическую обратную связь можно представить как метод, посредством которого информация о функциональных параметрах тренируемого собирается, обрабатывается и представляется снова для контроля его органами чувств. В настоящее время широко применяются разнообразные методы с использованием принципа биологической обратной связи, в том числе и стабиллографические [8].

**Цель исследования** – оценка результатов использования стабиллометрии как метода контроля состояния равновесия у пациентов с ЧМТ в процесс диагностики, изучение стабиллотренинга с использованием биологической обратной связи для коррекции постуральных изменений у пациентов с последствиями ЧМТ.

**Материалы и методы исследования.** Обследование проведено 40 пациентам с последствиями ЧМТ, средний возраст  $48 \pm 4,0$  лет, давность заболевания от 1 месяца до 10 лет, все обследуемые мужчины. По степени тяжести перенесенной ЧМТ наблюдаемые распределились следующим образом: ЧМТ легкой степени тяжести у 6 человек, ЧМТ средней степени тяжести – 10 человек, ЧМТ тяжелой степени тяжести – 24 человека.

Критерии включения в исследование следующие: пациенты мужского пола в возрасте от 18 лет и старше, подписавшие информированное согласие, имеющие в анамнезе документально подтвержденную ЧМТ различной степени тяжести. Критерии исключения из исследования: отзыв информированного согласия, наличие сопутствующей соматической патологии тяжелой степени, наличие сосудистого, нейродегенеративного, дисметаболического или иного органического поражения головного мозга. Группу сравнения составили 30 клинически здоровых мужчин, средний возраст которых составил  $48 \pm 4,8$  лет.

Всем пациентам проведено комплексное обследование, включающее неврологический осмотр, исследование вегетативного статуса, нейропсихологическое исследование, лабораторные и инструментальные методы исследования, такие как электроэнцефалографию, ультразвуковую доплерографию, дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий, спиральную томографию головного мозга, магнитно-резонансную томографию головного мозга, стабиллометрическое исследование.

Комплексное лечение пациентов с последствиями ЧМТ включало медикаментозную терапию, физиотерапию, медико-психологическую реабилитацию, коррекцию нарушений функции равновесия на стабиллометрической платформе «МБН-Стабило» с использованием биологической обратной связи.

Для выявления наличия и степени выраженности двигательных нарушений всем больным до и после завершения курса терапии производилось стабиллометрическое исследование с помощью постурологического комплекса «МБН-Стабило» (МБН, Россия), включающего стабиллометрическую платформу и компьютерный комплекс для регистрации колебаний общего центра давления человека. Исследование осуществлялось в специальном помещении для предотвращения акустической ориентации пациента. Стабиллометрическая платформа устанавливалась на расстоянии 1 м от всех стен. При исследовании пациентов устанавливали на платформу в носках в европейской позиции (положение: пятки вместе, носки разведены под углом в 30 градусов). Проводилась проба Ромберга с открытыми и закрытыми глазами в течение 51 сек [5].

Проведен анализ комплекса стандартных показателей стабиллометрического исследования теста Ромберга.  $X, Y$  (мм) – абсолютное положение центра давления (ЦД) относительно фронтальной ( $X$ ) и сагиттальной ( $Y$ ) плоскости (ЦД принято называть проекцию центра тяжести тела на плоскость опоры);  $x, y$  (мм) – девиации ЦД относительно среднего положения – ( $x$ ) – во фронтальной плоскости (вправо-влево), ( $y$ ) – в сагиттальной плоскости (вперед-назад);  $L$  (мм) – длина статокинезиограммы (длина пути, пройденного ЦД за время исследования);  $S$  (кв. мм) – площадь статокинезиограммы;  $V$  (мм/сек) – средняя скорость перемещения ЦД;  $Max X, Max Y$  (мм) – максимальная амплитуда колебаний ЦД во фронтальной плоскости ( $X$ ), в сагиттальной плоскости ( $Y$ );  $xf$  (Гц),  $yf$  (Гц) – параметр 60% энергии спектра частот во фронтальной ( $ЭX$ ), в сагиттальной ( $ЭY$ ) плоскости – основная частота спектра колебаний ЦД;  $KP$  (%) – коэффициент Ромберга (соотношение между значениями площади статокинезиограммы в пробах с закрытыми и открытыми глазами). Исследование проводилось в 1 день стационарного лечения и на 10 день стационарного лечения.

В комплексной реабилитационной программе пациентов с последствиями ЧМТ использовалась методика под общим названием «Тренажер равновесия» – реабилитационный комплекс различных методов тренировки равновесия с использованием зрительной и звуковой обратной связи, а так же компьютерных игр, в которых пациент управляет специально разработанными играми с помощью смещения общего центра тяжести, посредством воздействия на стабиллометрическую платформу [5]. В программу тренировок из 40 обследуемых пациентов включены 12 пациентов с последствиями ЧМТ тяжелой степени тяжести (1а группа) и 5 пациентов с последствиями ЧМТ легкой степени тяжести (1б группа). 12 пациентам с последствиями ЧМТ тяжелой степени тяжести (2а группа) и 5 пациентов с последствиями ЧМТ легкой степени тяжести (2б группа) занятия на стабиллотренажере не проводилось.

В программе тренировок использовались следующие тренирующие программы: тренажеры «Стрелок», «Мишень», «Мыльные пузыри», «Пчела». Основная задача тренажера «Мишень» удержание ЦД в заданной зоне (мишени) на экране монитора пациента. Критерий успеха выполнения – количество «выбитых» очков. В тренажере «Стрелок» задача – удержание ЦД в «активной мишени» в течение нескольких минут,

которая затем перемещается по экрану монитора. Критерий успеха выполнения – количество «выбитых» мишеней. Основная цель тренажер «Мыльные пузыри» – управляя курсором, «сбить» как можно больше мыльных пузырей, движущихся по экрану монитора. Критерий выполнения задания – процент «сбитых» пузырей к общему числу фрагментов мозаики, которая складывается из сбитых пузырей в панно. Тренажер «Пчела» направлен на выполнение более тонких координаторных задач. Пациент, «управляя» пчелой должен собрать мед с цветов, за определенное время, это требует хорошей координации движений. Занятия строились следующим образом: тренажер «мыльные пузыри» 2-3 минуты, «мишень» 2-3 минуты, «стрелок» 2-3 минуты, «пчела» 5-7 минут. Занятия проводились ежедневно, в течение 10 дней.

Полученные результаты обрабатывались с помощью стандартных методов биостатистики и программы Statistica 6.0 для Windows. Для количественной обработки полученных данных использовали методы вариационной статистики. При нормальном распределении (t-распределение) признака для проверки нулевой гипотезы применяли параметрический критерий t Стьюдента. При ненормальном распределении совокупности использовали непараметрический ранговый критерий Манна-Уитни. Статистическая достоверность данных оценивалась с помощью таблиц критических значений. Статистически значимыми считали различия при значениях  $p < 0,05$  [4]. Данное клиническое исследование одобрено Локальным этическим комитетом Пензенского государственного университета.

**Результаты и их обсуждение.** В результате проведенного обследования пациенты с последствиями ЧМТ имели многочисленные неврологические синдромы. Наиболее часто выявлялся цефалгический (89%), вестибуло-атактический (65%), астено-невротический (73%), снижение когнитивных функций (46%), снижение работоспособности и активности отмечают 70% пациентов, снижение фона настроения и тревожности – 68%, расстройства сна – 30%, психоорганический синдром – 26%, судорожный синдром – 8%, вегетативные нарушения – 54%.

Нейропсихологическое исследование включало использование краткой шкалы оценки психического статуса, тест рисования часов, эмоциональное состояние у пациентов оценивалось с использованием шкалы депрессии Гамильтона. В результате пациенты с последствиями ЧМТ различной степени тяжести и клинически здоровыми пациентами имеют различия. Пациенты с последствиями ЧМТ легкой степени тяжести имели по КШОПС  $27,52 \pm 0,97$  балла ( $p < 0,001$ ), пациенты с последствиями ЧМТ средней и тяжелой степени тяжести соответственно  $26,87 \pm 1,32$  и  $24,34 \pm 0,62$  балла ( $p < 0,001$ ). В контрольной группе данный показатель составил  $29,84 \pm 0,62$  ( $p < 0,001$ ).

По результатам оценки эмоционально-волевых нарушений у пациентов с последствиями легкой ЧМТ суммарная оценка не достигла уровня депрессии, но частота отдельных симптомов, таких как снижение работоспособности, бессонница, снижение фона настроения достоверно выше, чем в контрольной группе. У пациентов с последствиями ЧМТ средней степени тяжести депрессивный синдром встречался у 15% пациентов, с тяжелой ЧМТ – 33%.

По данным нейровизуализационного метода исследования (компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии головного мозга) у пациентов с последствиями ЧМТ тяжелой степени различные ликвородинамические нарушения встречались в 94,5%, при последствиях ЧМТ средней степени эти изменения в 3 раза реже (39,8%). Значительно реже они выявлялись при легкой степени выраженности клинических проявлений отдаленных последствий черепно-мозговой травмы (гидроцефалия – 14,6%, атрофический процесс у 11,2%, единичные кисты, не сообщающиеся с желудочковой системой мозга – 16,6%).

Для оценки двигательных нарушений у пациентов с последствиями ЧМТ изучались следующие основные стабилметрические параметры: среднее положение центра давления (ЦД), девиация ЦД, площадь статокинезиограммы, длина статокинезиограммы, скорость перемещения ЦД, среднее направление колебаний ЦД и др. В группе пациентов с последствиями ЧМТ показатели стабилметрии резко отличаются от нормы. Это касается как теста Ромберга с визуальным контролем, так и без него. В группе пациентов с ЧМТ наблюдается значительно более высокие показатели длины и площади перемещения общего центра давления тела, чем у здоровых людей. Колебания центра давления выше как для фронтальной, так и для сагиттальной плоскости, чем у пациентов контрольной группы. На рисунке 1 представлены примеры статикокинезиограмм пациента, перенесшего ЧМТ средней степени тяжести 6 месяцев назад. На рисунке 2 представлена статикокинезиограмма мужчины из контрольной группы.

При открытых глазах в группе пациентов с последствиями ЧМТ наблюдаются значительно более высокие показатели площади перемещения ОЦД тела, чем в контрольной группе. У пациентов с последствиями легкой черепно-мозговой травмы площадь статикокинезиограммы превышала  $250 \text{ мм}^2$ , а у пациентов с последствиями тяжелой черепно-мозговой травмы более  $620 \text{ мм}^2$ , достоверно отличаясь от нормативных значений ( $p < 0,05$ ).

Сопоставление амплитуды колебаний ОЦД во фронтальном и сагиттальном направлениях в «тесте с открытыми глазами» показало, что наибольшие различия между группами наблюдались для смещения ОЦД по оси X. Среднеквадратичное отклонение центра давления во фронтальной плоскости составило  $22,9 \pm 0,09$  мм, девиация в сагиттальной плоскости  $50,3 \pm 0,13$  мм у пациентов с последствиями тяжелой ЧМТ, у пациентов с последствиями легкой ЧМТ данные показатели составили соответственно во фронтальной плоскости  $12,1 \pm 0,56$  мм, девиация в сагиттальной плоскости  $27,8 \pm 1,23$  мм. В отсутствии зрительного, у пациентов с по-

следствиями ЧМТ, стабиллографические показатели также отличались от нормы, хотя и менее ярко, чем в тесте «открытые глаза». Эти отличия в целом сходны по характеру, но в меньшей степени отличаются от нормативных значений, чем при состоянии с открытыми глазами. При анализе амплитудных характеристик стабиллограммы по осям X и Y отчетливые различия между обследованными группами были также выявлены: у больных эти показатели были в 2,5 раза выше, чем у здоровых испытуемых.

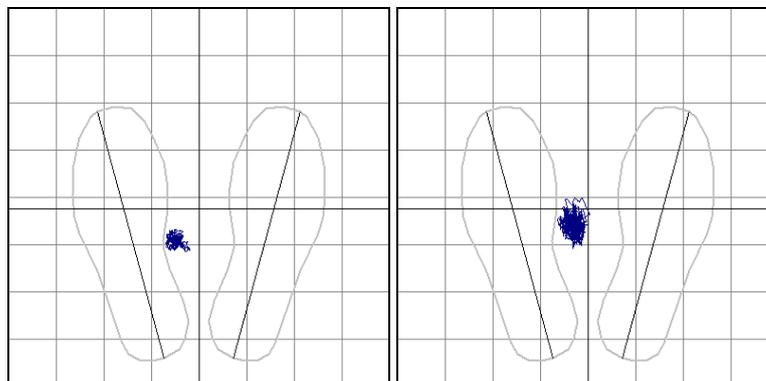


Рис. 1. Слева – пациент в пробе Ромберга, глаза открыты, постановка – европейская, продолжительность записи 51 с. Справа – пациент в пробе Ромберга, глаза закрыты, постановка – европейская, продолжительность записи 51 с.

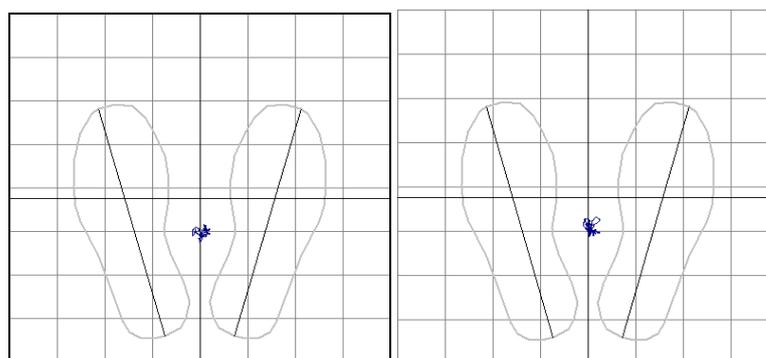


Рис. 2. Слева – в пробе Ромберга, глаза открыты, постановка – европейская, продолжительность записи 51 с. Справа – в пробе Ромберга, глаза закрыты, постановка – европейская, продолжительность записи 51 с.

По окончании курса оптимизации равновесия с применением стабилотренажера с биологической обратной связью у пациентов с последствиями ЧМТ легкой степени тяжести 1б группы, включенных для занятий на стабилотренажере, значительно улучшилось самочувствие (98%), походка стала более уверенной (90%), уменьшилось ощущение шаткости при ходьбе (92%), у пациентов 2б группы с последствиями ЧМТ легкой степени тяжести, которым занятие на стабилотренажере не проводилось, данные показатели составили соответственно 90, 84 и 76%. У пациентов с последствиями ЧМТ тяжелой степени тяжести 1а группы улучшилось самочувствие (97%), походка стала более уверенной (88%), уменьшилось ощущение шаткости при ходьбе (78%), у пациентов 2а группы с последствиями ЧМТ тяжелой степени тяжести данные показатели составили соответственно 88, 87 и 72%.

Статистически значимые различия выявлены после курса занятий на стабилотренажере в 1а группе (пациенты с последствиями тяжелой ЧМТ). Отклонение центра давления в сагиттальной плоскости после реабилитационной программы в 1а группе уменьшилось на 18% – (41,6±2,89 мм), отклонение центра давления во фронтальной плоскости – на 16% (19,3±0,53 мм), площади статокинезиограммы на 40% (450,3±102,3 мм<sup>2</sup>), скорость ОЦД уменьшилась на 22% (20,3±1,53 мм/с), что более значимо, чем в 2а группе, которым занятия на стабилотренажере не проводились (p<0,05). Данная динамика изменения стабиллометрических показателей прослеживается и у пациентов с последствиями легкой ЧМТ в группах 1б и 2б. На рисунках 3-6 представлены результаты изменения стабиллометрических показателей у пациентов данных групп с последствиями ЧМТ легкой и тяжелой степени тяжести.

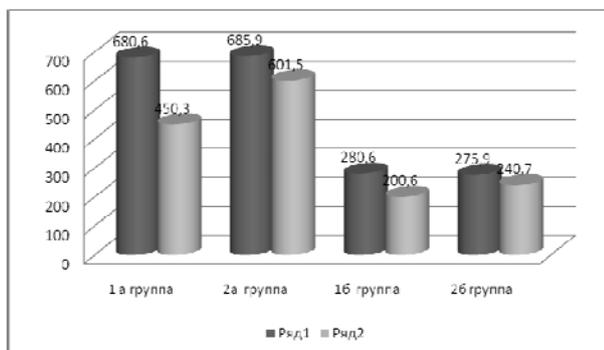


Рис. 3. Изменение параметра площадь статикокинезиограммы (мм<sup>2</sup>) у пациентов с последствиями ЧМТ разных реабилитационных групп

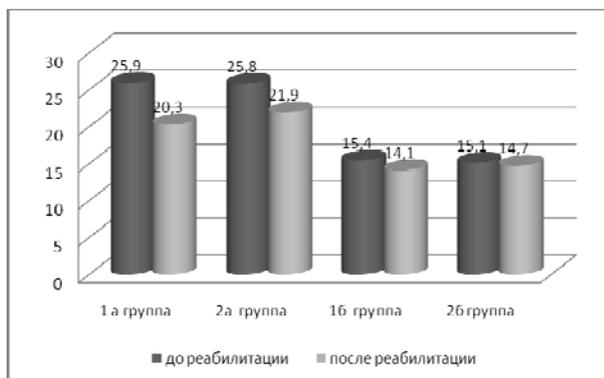


Рис.4. Изменение параметра скорость ОЦД (мм/с) у пациентов с последствиями ЧМТ разных реабилитационных групп

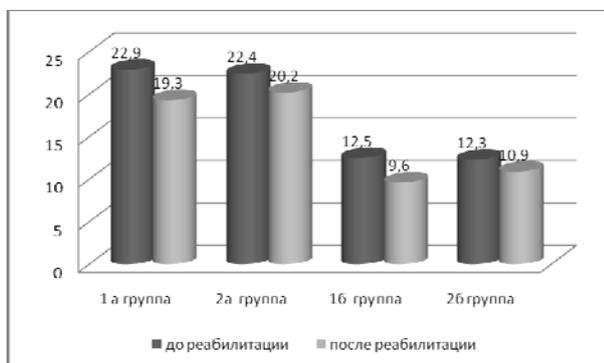


Рис.5. Изменение параметра отклонение ОЦД во фронтальной плоскости (мм) у пациентов с последствиями ЧМТ

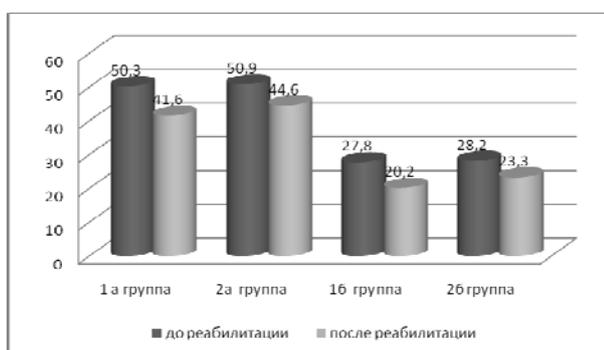


Рис.6. Изменение параметра отклонение ОЦД в сагитальной плоскости (мм) у пациентов с последствиями ЧМТ

Таким образом, стабилотренажер с использованием биологической обратной связи позволяет повысить эффективность реабилитационных мероприятий у пациентов с последствиями ЧМТ. На рисунке 7 представлены примеры статикокинезиограмм пациента, перенесшего ЧМТ средней степени тяжести 6 месяцев назад до начала реабилитационных мероприятий, на рисунке 8 представлена статикокинезиограмма после реабилитационных мероприятий.

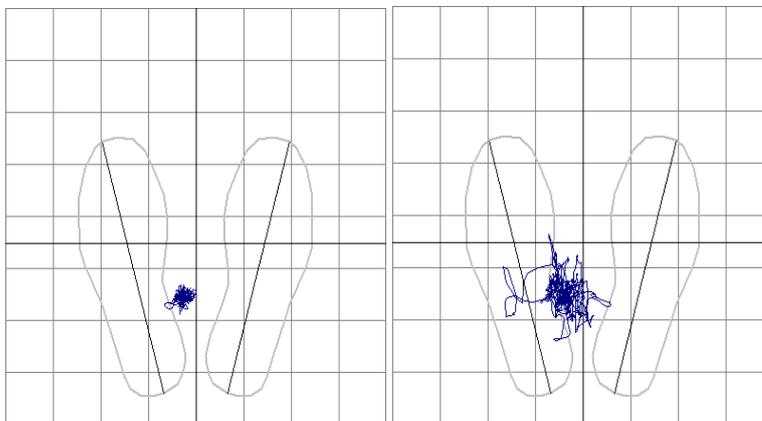


Рис. 7. Слева – пациент в пробе Ромберга, глаза открыты, постановка – европейская, продолжительность записи 51 с. Справа – пациент в пробе Ромберга, глаза закрыты, постановка – европейская, продолжительность записи 51 с. Коэффициент Ромберга QR (%) – 755,85; S90 (мм<sup>2</sup>)– 155,35/1174,20; X (мм) – 24,35/156,02; Y(мм) – 17,34/183,20.

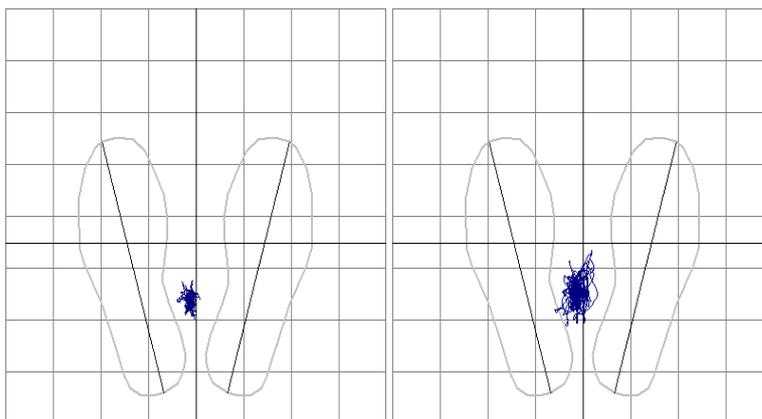


Рис. 8. Слева – в пробе Ромберга, глаза открыты, постановка – европейская, продолжительность записи 51 с. Справа – в пробе Ромберга, глаза закрыты, постановка – европейская, продолжительность записи 51 с. Коэффициент Ромберга QR (%) - 335,79; S90 (мм<sup>2</sup>)– 167,46/562,33; X (мм) – 10,45/39,25; Y(мм) – 36,74/124,33

**Выводы.** Компьютерная стабилметрия является высокоэффективным методом объективной оценки двигательных нарушений у больных с ЧМТ в анамнезе в процессе диагностики и лечения.

Показатели компьютерной стабилметрии (площадь статоккинезиограммы, колебания ЦД во фронтальной и сагитальной плоскости, средняя скорость смещения центра давления, расстояние между реальным и расчетным центром давления во фронтальной и сагитальной плоскостях) могут служить одними из критериев диагностики двигательных нарушений после перенесенных ЧМТ.

Динамика стабилметрических показателей до и после лечения может служить критерием эффективности терапии, проводимой больным с последствиями ЧМТ.

Применение стабилотренажера с использованием принципа биологической обратной связи при комплексном лечении двигательных расстройств у пациентов с последствиями ЧМТ позволяет повысить эффективность реабилитационных мероприятий.

#### Литература

1. Бойко, А.В. Черепно-мозговая травма / А.В.Бойко, Т.Т.Батышева, Е.В.Костенко, К.А. Зайцев //Consilium Medicum.– 2008.– Т.9.– №8.– С.5–10

2. *Жаворонкова, Л.А.* Динамика межполушарных соотношений когерентности ЭЭГ как отражение реабилитационного процесса у больных, перенесших тяжелую черепно-мозговую травму / Л.А.Жаворонкова, О.А.Максакова, Н.Я. Смирнова // Физиология человека.– 2001.– №2.– С. 5–14.
3. *Коновалов, А.Н.* Клиническое руководство по черепно-мозговой травме. Том 3 / А.Н. Коновалов.– М.: Антидор, 2002.– 632 с.
4. *Реброва, О.Ю.* Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTIKA / О.Ю. Реброва.– М.: МедиаСфера, 2003.– 312 с.
5. *Скворцов, Д.В.* Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия / Д.В. Скворцов.– М.: НМФ «МБН», 2007.– 640 с.
6. *Яхно, Н.Н.* Болезни нервной системы / Д.В. Яхно, Д.Р. Штульман.– М.: Медицина.– 2003.– Т.1.– 744 с.
7. *Geurts, A.E.* Identification of static and dynamic postural instability following traumatic brain injury / A.E. Geurts, G.M. Ribbers, J.A. Knoop // Arch. Phys. Rehabil.– 2006.– Vol.77.– N7.– P.639–644.
8. *Pokorna, K.* Use of stabilometric platform and visual feedback in rehabilitation of patients after the brain injury / K. Pokorna // Prague Medical Report.– 2006.– Vol.107.– N4.– P.433–442.