

**Применение биологической обратной связи
по электромиограмме в комплексном лечении больных
с центральными гемипарезами
(обзор литературы)**

В.И. Шевцов, А.А. Скрипников, А.П. Шеин

***The use of biological feedback by electromyogram in complex
treatment of patients with central hemipareses
(Review of literature)***

V.I. Shevtsov, A.A. Skripnikov, A.P. Shein

Федеральное государственное учреждение науки

«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова Росздрава», г. Курган
(генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

Обзор литературы по применению биологической обратной связи по электромиограмме в клинике центральных гемипарезов освещает основные возможности применения данной технологии при реабилитации вышеуказанных двигательных расстройств. Рассматривается степень влияния характеристик пациента на успешность тренировок, варианты проведения курсов лечения, необходимые условия оценки результатов реабилитации, возможные механизмы действия биологической обратной связи. Накопленный собственный опыт применения данного способа лечения при ортопедических заболеваниях, а также анализ доступной литературы свидетельствует о целесообразности включения биологической обратной связи в комплекс реабилитационных мероприятий при лечении больных с центральными гемипарезами.

Ключевые слова: биологическая обратная связь, электромиограмма, гемипарез.

The review of literature on the use of biological feedback by electromyogram in the clinical presentation of central hemipareses interprets the main possibilities of this technology use for rehabilitation of the motor disorders mentioned. The level of patient's characteristic influence on training successfulness is discussed, as well as the variants of treatment course making, the necessary conditions of rehabilitation outcome assessment, possible mechanisms of biological feedback action. Our own experience of this treatment variant use for orthopaedic diseases and also the analysis of the literature available shows the expedient inclusion of biological feedback into the complex of rehabilitation measures for treatment of patients with central hemipareses.

Keywords: biological feedback, electromyogram, hemiparesis.

Центральные гемипарезы остаются одной из наиболее актуальных проблем современной медицины, так как остается высоким процент в структуре заболеваемости, приходящийся на церебральные инсульты [3] и черепно-мозговые травмы [2] — основные причины, вызывающие развитие данных двигательных расстройств.

Несмотря на то, что за последние 10 лет втроекратно увеличилось количество методов лечения центральных гемипарезов, наилучшая технология реабилитации все еще не определена ЭМГ [65]. Среди множества стратегий оперативного, медикаментозного лечения, физиотерапии, кинезотерапии одним из перспективных направлений в решении этой проблемы в настоящее время считается биологическая обратная связь (БОС).

БОС — методика, позволяющая с минимальной временной задержкой информировать человека о состоянии его телесных функций, за счет чего возникает возможность их сознательной регуляции. Это направление зародилось в конце

XIX века. У его истоков стояли Е. Hering, I. Breuer, E.D. Cyon, С. Ludwig, в России же основоположниками БОС считаются В.М. Бехтерева, М.Н. Ливанов, К.М. Быков, И.Р. Тарханов.

Суть БОС-сеансов заключается в непрерывном мониторинге определенных физиологических показателей (мышечное напряжение, частота пульса, периферическая температура, ритмы головного мозга), регистрируемых специальной аппаратурой и представляемой в визуальной (рисунки, графики) [67] или аудиоформе (музыка, звуки) [42, 43]. Пациент в процессе выполнения предложенного врачом задания (напрячь или расслабить мышцу, замедлить частоту сердцебиения), видя, что желаемый эффект достигается, старается запомнить своё состояние в это время. Путем многократного повторения формируется и закрепляется навык, то есть в центральной нервной системе создается и фиксируется новая стратегия поведения, дающая возможность произвольно корректировать нарушенные физиологические функции. Таким

образом, БОС-методика представляет собой «физиологическое зеркало» человека, отражающее его внутренние процессы, оценивая которые, появляется возможность усилить или ослабить данный физиологический показатель, а значит, уровень тонической активации той регуляторной системы, чью активность данный показатель отражает. Эта методика уникальна тем, что в процессе лечения пациент сам принимает активное участие в коррекции своих физиологических функций и двигательных навыков. Кроме того, в ходе БОС-тренинга у больного присутствует высокий уровень мотивации, так как имеется возможность непосредственной оценки достигаемого результата [19]. Поддержание высокого уровня мотивации достигается либо появляющейся при успешном тренинге возможности просмотра красивой иллюстрации на экране монитора, либо констатацией победы в видеокомпьютерном состязании (в случае игрового БОС-тренинга) вплоть до использования материальных поощрений [54]. В других случаях аналогичный результат достигается, наоборот, путем слабого электрического воздействия через накожный электрод, подаваемого в случае снижения у пациента усердия в выполнении поставленной задачи.

Одним из основных направлений применения данной технологии в клинике нервных болезней является лечение двигательных нарушений у больных с постинсультными или посттравматическими гемипарезами, используя электромиографию (ЭМГ). Применение БОС по ЭМГ в реабилитационной практике у больных с центральными гемипарезами началось в 1970-е годы [5, 38]. Эффективность БОС по ЭМГ при лечении больных с последствиями инсульта в настоящее время ни у кого не вызывает сомнения. Это многократно подтверждено как отдельными работами [1, 23, 28, 35, 41, 49, 51, 57], так и данными мета-анализов подобных исследований [45, 55].

Методика БОС-тренировки заключается в коррекции функции мышечных групп, ответственных за двигательный эффект (ведущее звено патологии) [4]. В результате появляется возможность точно и избирательно восстанавливать функцию пораженной или атрофированной мышцы или нерва. БОС-сигналы предъявляются больному на экране монитора либо в виде интерференционной кривой ЭМГ, либо в виде ЭМГ, преобразованной в более удобный для восприятия сигнал – «огibaющей ЭМГ», а также возможно отражение характеристик ЭМГ в значениях стрелочных индикаторов, цветных графиков, колонок из светодиодов различного цвета [5]. Кроме того, в качестве сигналов обратной связи могут применяться специально разработанные для этой задачи компьютерные игры.

Показано, что для успешного применения

БОС по ЭМГ необходимо учитывать ряд факторов: подбор оптимальных методик, правильное заземление, применение соответствующих электродов, соблюдение существующих правил проведения БОС-сеансов [73]. Но самое важное условие состоит в том, чтобы лечение проводилось с учетом знания нейрофизиологии [36].

В отношении применения данной методики в клинике постинсультных двигательных расстройств показана эффективность в плане увеличения силы паретичных мышц [64], снижения спастичности мускулатуры [17, 27, 56]. Следующим этапом БОС-реабилитации является восстановление активного диапазона движений в суставах [69] и выработки согласованности в работе мышц-антагонистов [26], поддержание симметричности позы (удержание равновесия при стоянии, сидении) [18, 37, 53, 59], а затем - восстановление целостных двигательных актов, в том числе – походки [15, 24, 29, 33, 52]. В частности, показано, что при применении БОС-тренинга у данных больных увеличивалась длина шага и возрастала скорость ходьбы [47, 58]. Все это способствует расширению диапазона самообслуживания, больные меньше пользуются вспомогательными устройствами при ходьбе [69], у них появляется возможность самостоятельно передвигаться на значительно большие расстояния, что, в конечном итоге, приводит к повышению качества их жизни.

Однако начиная с пионерских исследований в этом направлении и до настоящего времени нет единого мнения по ряду вопросов о применении БОС по ЭМГ в клинике центральных гемипарезов. Во первых – это количество сеансов БОС-тренинга, необходимых для полноценной реабилитации подобных пациентов. Разные авторы приводят различное количество примененных процедур, начиная от сравнительно коротких курсов (5 раз в неделю в течении 3 недель) [9, 14] до многомесячных периодов реабилитации – 2,5 [50] – 4-5 месяцев [70].

Кроме того, некоторые исследователи придерживаются точки зрения, согласно которой в ходе БОС по ЭМГ нужно стремиться увеличивать силу агонистов, а не снижать активность антагонистов [13]. Данные показывают, что тренировку на увеличение силы можно начинать и без предварительных сеансов, направленных на расслабление спастичных антагонистов [48]. Но большинство авторов считает, что необходимо уделять внимание обоим типам тренинга, то есть БОС-лечение начинать с того, чтобы постараться уменьшить гиперфункцию в спастичной мускулатуре, а затем - усиливать функцию слабых мышц [9, 39].

В процессе изучения влияния характеристик пациентов на эффективность БОС-тренировок установлено, что возраст [44, 63], пол, сторона поражения [62], длительность заболевания [25, 44]

или предшествующей реабилитации и число БОС-тренировок не имели существенного влияния на результаты лечения [72]. Отмечается, что в более молодом возрасте тренировки идут несколько легче [5], но существуют сообщения о полученных хороших результатах даже у пациентов в возрасте 82 лет с давностью инсульта 7 лет [46]. Кроме того, БОС по ЭМГ наиболее эффективно, если паретические проявления не грубые, спастичность менее выражена [70] и при раннем начале применения – в течение 3 месяцев после инсульта [31]. При этом нижние конечности поддаются тренировке лучше, чем верхние [72].

Кроме того, установлено, что успешность восстановления после инсульта с помощью ЭМГ-БОС зависит и от когнитивных способностей больного. А в общем, психологические факторы (мотивация и т.д.) были менее значимы, чем биологические [66].

Оценка эффективности проводимого лечения в большинстве работ приводится описательного характера. Но для внесения объективности в данный вопрос необходимо привлечение нейрофизиологических методик [1, 34], а также клинических балльных шкал (Fugl-Meyer) [61].

Традиционно результаты БОС-лечения сравниваются с показателями пациентов, получавших только общепринятую терапию, в частности, ЛФК, физиолечение, медикаментозную терапию [20, 21, 32, 61]. Показана достоверно большая эффективность применения лечения в комплексе с БОС-тренингами (по некоторым данным эффективность возрастает в два раза [21]). В то же время подчеркивается важность использования данной методики в комплексном лечении, так как подобный подход многократно повышает эффективность БОС по ЭМГ по сравнению с применением ее в качестве монотерапии. Кроме того, имеются данные об эффективном сочетании БОС с электростимуляцией мышц паретичных конечностей [22, 25].

Относительно продолжительности сохранения эффектов БОС по ЭМГ показано, что при результатах тренировки, оцениваемых как «успешные» и «умеренные», эффект сохранялся и при контроле, проведенном через 1 год после завершения лечения [71], а по другим наблюдениям – даже до 3 лет [17]. Наряду с этим, некоторые авторы считают необходимым продолжение БОС-процедур и после выписки из стационара – в домашних условиях [16].

Существующий дефицит глубоких теоретических разработок в области ЭМГ-БОС-технологий заметно ограничивает сферу их эффективного применения. Иными словами, расширение спектра БОС-методик возможно лишь на основе смещения акцента исследований на фундаментальные разработки по изучению нейрофизиологических механизмов их эффективности (применительно к различным этиологиче-

ским формам сенсомоторной недостаточности). В противном случае возможно появление несоответствия между ожидаемой и реальной эффективностью применения БОС [40].

Эффект БОС неспецифичен [46], т. к. «применяется для решения совершенно различных задач, в различных отраслях медицины, в то же время является и в высокой степени специализированным подходом в пределах конкретной системы регуляции (в нашем случае – двигательной), позволяя проводить целенаправленную тренировку изолированных мышечных групп и даже отдельных порций одной мышцы» [5]. В ходе лечебного процесса с использованием БОС по ЭМГ закладывается физиологический базис клинического улучшения, который далее реализуется в ходе последующих тренировок целостных двигательных актов [5].

Механизмы клинической эффективности БОС (в частности, ЭМГ-БОС) нуждаются в дальнейшем уточнении. С момента возникновения и внедрения БОС-технологий выдвинуто множество гипотез [30, 60, 68], однако единого мнения по данному вопросу до сих пор не существует.

Предполагается, что БОС оказывает свой эффект посредством активизации пластических перестроек в ЦНС (образование новых межнейронных связей, феномен спраутинга и т.д.) [17]. Выдвигалась теория о том, что улучшение может явиться следствием биомеханических (периферических), а не нервно-мышечных изменений в пораженных конечностях [48]. Очевидным является факт того, что в процессе тренировок в центральной нервной системе больного происходит дестабилизация устойчивого патологического состояния, формирование и фиксация в долговременной памяти новой двигательной программы [6].

Все вышеизложенное активно побуждает к поиску путей повышения эффективности использования БОС, изучению механизмов действия данного вида лечения, а также разработки методов оптимизации применения БОС в рамках конкретных комплексных программ реабилитации больных с центральными гемипарезами.

В Российском научном центре «Восстановительная травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова (РНЦ «ВТО») на протяжении ряда лет успешно применялась методика БОС по ЭМГ при различной ортопедической патологии [8, 10, 11]. В настоящее время на базе отделения нейрохирургии и вертебрологии проходят реабилитацию больные с последствиями церебральных инсультов и тяжелых черепно-мозговых травм, имеющие в неврологическом статусе спастические гемипарезы. Восстановительное лечение осуществляется с привлечением комплекса реабилитационных мероприятий, включающего медикаментозную терапию, физиолечение, лечебную физкультуру, а также

разработанную в РНЦ «ВТО» [12] оперативную технологию направленной стимуляции церебрального кровотока – вазоактивную краниоостеопластику [7]. Реализация данной реабилитационной программы приводит к частичному регрессу последствий перенесенного инсульта или травмы. Естественно, что нейрохирургов и реабилитологов волнует вопрос о совершенствовании и дополнении комплекса методов восстановительного лечения, применяемого при лечении данного контингента больных для максимального повышения эффективности реабилитации. В связи с этим представляется целесообразным введение новой составной части в реабилитационную программу в виде применения технологии биологической обратной связи по ЭМГ. Накопленный собственный опыт применения данного способа лечения, а также ана-

лиз соответствующей литературы позволяет надеяться на перспективность применения БОС по ЭМГ при лечении больных с центральными гемипарезами.

В перспективе применения технологии обратной связи представляется необходимым разработать и обосновать собственную оригинальную реабилитационную программу БОС по ЭМГ, максимально адаптированную к комплексному лечению больных с данной патологией, реализуемому на базе РНЦ «ВТО». Кроме того, проанализировав динамику нейрофизиологических показателей пролеченных пациентов, появится возможность сделать новый шаг в понимании механизмов компенсации патологических состояний системы организации и управления движениями в процессе восстановительного лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов, О. В. Восстановление двигательных расстройств с помощью приемов функционального биоуправления / О. В. Богданов, Б. Г. Варман, А. Т. Алиев // Журн. невропатологии и психиатрии. – 1985. – Т. 85, № 3. – С. 359-365.
2. Горбунов, В. И. Иммунопатология травматической болезни головного мозга / В. И. Горбунов, Л. Б. Лихтерман, И. В. Ганнушкина. – Ульяновск : Изд-во СВНЦ, 1996. – 528 с.
3. Гусев, Е. И. Ишемия головного мозга / Е. И. Гусев, В. И. Скворцова – М. : Медицина, 2001 – 328 с.
4. Кузьмичева, О. А. Применение метода биологической обратной связи по электромиограмме для коррекции двигательных нарушений / О. А. Кузьмичева // Биол. обратная связь. – 1999. – № 1. – С. 13-14.
5. Пинчук, Д. Ю. Биологическая обратная связь по электромиограмме в неврологии и ортопедии / Д. Ю. Пинчук, М. Г. Дудин // Справочное руководство. – СПб. : Человек, 2002. – 120 с.
6. Применение портативных биотехнических устройств с обратной связью в системе активной восстановительной терапии у больных с постинсультными двигательными нарушениями / Т. Д. Демиденко [и др.] // Журн. невропатологии и психиатрии. – 1983. – Т. 83, № 8. – С. 1121-1126.
7. Прудникова, О. Г. Динамика очаговой неврологической симптоматики у больных с ишемическими поражениями головного мозга различного генеза при лечении методом дистракционного остеосинтеза / О. Г. Прудникова, А. Т. Худяев, А. Н. Дьячков // Гений ортопедии. – 2001. – № 2. – С. 142-143.
8. Технологии функционального биоуправления в системе контроля и коррекции моторных и соматосенсорных функций у больных ортопедического и нейрохирургического профиля / А. П. Шеин [и др.] // Биоуправление в медицине и спорте : материалы 6-ой Всерос. конф. – Омск, 2002. – С. 36-38.
9. Черникова, Л. А. Метод электромиографической обратной связи в комплексном восстановительном лечении больных с постинсультными двигательными расстройствами / Л. А. Черникова // Журн. невропатологии и психиатрии. – 1984. – Т. 84, № 12. – С. 1795-1798.
10. Шеин, А. П. Методики и аппаратное обеспечение функционального биоуправления / А. П. Шеин, М. С. Сайфутдинов // Ахондроплазия : Рук. для врачей / под ред. А. В. Попкова, В. И. Шевцова. – М. : Медицина, 2001. – Гл. 8, § 3. – С. 290-302.
11. Приборы и методы функционального биоуправления в реабилитации двигательных функций верхней конечности при ее удлинении по Илизарову : пособие для врачей / РНЦ "ВТО" ; сост. : А. П. Шеин, М. С. Сайфутдинов. – Курган, 1997. – 21 с.
12. Пат. 2165241 РФ, МКИ⁷ С2 7 А 61 В 17/00 Способ направленной стимуляции кровоснабжения участка головного мозга при его ишемическом поражении / Шевцов В.И., Худяев А.Т., Дьячков А.Н. (РФ). – № 99101566/14; Заявл. 26.01.99; Опубл. 20.04.01.
13. Agonist and antagonist activity during voluntary upper-limb movement in patients with stroke / C. Gowland [et al.] // Phys. Ther. – 1992. – Vol. 72, No 9. – P. 624-33.
14. Armagan, O. Electromyographic biofeedback in the treatment of the hemiplegic hand: a placebo-controlled study / O. Armagan, F. Tascioglu, C. Oner // Am. J. Phys. Med. Rehabil. – 2003. – Vol. 82, No 11. – P. 856-61.
15. Aruin, A. S. Base of support feedback in gait rehabilitation / A. S. Aruin, T. A. Hanke, A. Sharma // Int. J. Rehabil. Res. – 2003. – Vol. 26, No 4. – P. 309-312.
16. Balliet, R. Upper extremity sensory feedback therapy in chronic cerebrovascular accident patients with impaired expressive aphasia and auditory comprehension / R. Balliet, B. Levy, K. M. Blood // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1986. – Vol. 67, No 5. – P. 304-310.
17. Basmajian, J. V. Biofeedback in rehabilitation: a review of principles and practices / J. V. Basmajian // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1981. – Vol. 62, No 10. – P. 469-475.
18. Batavia, M. An augmented auditory feedback device / M. Batavia, J. G. Gianutsos, M. Kambouris // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1997. – Vol. 78, No 12. – P. 1389-1392.
19. Biofeedback training to overcome poststroke foot-drop / R. P. Flom [et al.] // Geriatrics. – 1976. – Vol. 31, No 12. – P. 47-51.
20. Biofeedback treatment of foot-drop after stroke compared with standard rehabilitation technique (part 2) : effects on nerve conduction velocity and spasticity / K. Takebe [et al.] // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1976. – Vol. 57, No 1. – P. 9-11.
21. Biofeedback treatment of foot-drop after stroke compared with standard rehabilitation technique: effects on voluntary control and strength / J. V. Basmajian [et al.] // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1975. – Vol. 56, No 6. – P. 231-236.
22. Bowman, B. R. Positional feedback and electrical stimulation: an automated treatment for the hemiplegic wrist / B. R. Bowman, L. L. Baker, R. L. Waters // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1979. – Vol. 60, No 11. – P. 497-502.
23. Burnside, I. G. Electromyographic feedback in the remobilization of stroke patients: a controlled trial / I. G. Burnside, H. S. Tobias, D. Bursill // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1982. – Vol. 63, No 5. – P. 217-222.
24. Colborne, G. R. Feedback of ankle joint angle and soleus electromyography in the rehabilitation of hemiplegic gait / G. R. Colborne, S.

- J. Olney, M. P. Griffin // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1993. – Vol. 74, No 10. – P. 1100-1106.
25. Cozean, C. D. Biofeedback and functional electric stimulation in stroke rehabilitation / C. D. Cozean, W. S. Pease, S. L. Hubbell // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1988. – Vol. 69, No 6. – P. 401-405.
26. Davis, A. E. EMG biofeedback in patients with motor disorders: an aid for coordinating activity in antagonistic muscle groups / A. E. Davis, R. G. Lee // Can. J. Neurol. Sci. – 1980. – Vol. 7, No 3. – P. 199-206.
27. Developing strategies for biofeedback. Applications in neurologically handicapped patients / M. Baker [et al.] // Phys. Ther. – 1977. – Vol. 57, No 4. – P. 402-408.
28. Electromyographic biofeedback and physical therapy of the hemiplegic upper limb / J. Inglis [et al.] // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1984. – Vol. 65, No 12. – P. 755-759.
29. Electromyographic biofeedback for gait training after stroke / L. Bradley [et al.] // Clin. Rehabil. – 1998. – Vol. 12, No 1. – P. 11-22.
30. EMG feedback therapy: review of treatment of 114 patients / J. Brudny [et al.] // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1976. – Vol. 57, No 2. – P. 55-61.
31. EMG feedback treatment of upper limb in hemiplegic stroke patients: a pilot study / J. V. Basmajian [et al.] // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1982. – Vol. 63, No 12. – P. 613-616.
32. Enhanced physical therapy improves recovery of arm function after stroke. A randomised controlled trial / A. Sunderland [et al.] // J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry. – 1992. – Vol. 55, No 7. – P. 530-535.
33. Gait retraining post stroke / R. W. Teasell [et al.] // Top. Stroke. Rehabil. – 2003. – Vol. 10, No 2. – P. 34-65.
34. Giaquinto, S. The physiopathological bases of recovery processes: the bases of stroke rehabilitation. The CASSINO project. Computer Assisted Somatosensory Stimulation Inducing New Organizations / S. Giaquinto, M. Mascio, L. Fraioli // Clin. Exp. Hypertens. – 2002. – Vol. 24, No 7-8. – P. 543-553.
35. Helping hemiparetics to help themselves. Sensory feedback therapy / J. Brudny [et al.] // JAMA. – 1979. – Vol. 241, No 8. – P. 814-818.
36. Hochstenbach, J. Neuropsychology and the relearning of motor skills following stroke / J. Hochstenbach, T. Mulder // Int. J. Rehabil. Res. – 1999. – Vol. 22, No 1. – P. 11-19.
37. Interest of visual biofeedback training in rehabilitation of balance after stroke / V. Kerdoncuff [et al.] // Ann. Readapt. Med. Phys. – 2004. – Vol. 47, No 4. – P. 169-176.
38. Keefe, F. J. Electromyographic biofeedback: behavioral treatment of neuromuscular disorders / F. J. Keefe, R. S. Surwit // J. Behav. Med. – 1978. – Vol. 1, No 1. – P. 13-24.
39. Kelly, J. L. Procedures for EMG biofeedback training in involved upper extremities of hemiplegic patients / J. L. Kelly, M. P. Baker, S. L. Wolf // Phys. Ther. – 1979. – Vol. 59, No 12. – P. 1500-1507.
40. Kimmel, H.D. The relevance of experimental studies to clinical applications of biofeedback / H.D. Kimmel // Biofeedback. Self. Regul. – 1981. – Vol. 6. – № 2. – P. 263-71.
41. Mathieu, P. A. Changes in the hemiparetic limb with training. II. EMG signal. / P. A. Mathieu // Electromyogr. Clin. Neurophysiol. – 1995. – Vol. 35, No 8. – P. 503-513.
42. Maulucci, R. A. Retraining reaching in chronic stroke with real-time auditory feedback / R. A. Maulucci, R. H. Eckhouse // NeuroRehabilitation. – 2001. – Vol. 16, No 3. – P. 171-182.
43. Mauritz, K. H. Gait training in hemiplegia / K. H. Mauritz // Eur. J. Neurol. – 2002. – Vol. 9, No 1. – P. 23-29.
44. Middaugh, S. J. Electromyographic feedback: effect on voluntary muscle contractions in paretic subjects / S. J. Middaugh, M. C. Miller // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1980. – Vol. 61, No 1. – P. 24-29.
45. Moreland, J. D. Electromyographic biofeedback to improve lower extremity function after stroke: a meta-analysis / J. D. Moreland, M. A. Thomson, A. R. Fuoco // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1998. – Vol. 79, No 2. – P. 134-140.
46. Myofeedback for muscle retraining in hemiplegic patients / K. H. Lee [et al.] // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1976. – Vol. 57, No 12. – P. 588-591.
47. Olney, S. J. Joint angle feedback and biomechanical gait analysis in stroke patients: a case report / S. J. Olney, G. R. Colborne, C. S. Martin // Phys. Ther. – 1989. – Vol. 69, No 10. – P. 863-870.
48. Wolf, S. L. Overcoming limitations in elbow movement in the presence of antagonist hyperactivity / S. L. Wolf, P. A. Catlin, S. Blanton // Phys. Ther. – 1994. – Vol. 74, No 9. – P. 826-835.
49. Platz, T. Evidence-based arm rehabilitation - a systematic review of the literature / T. Platz // Nervenarzt. – 2003. – Vol. 74, No 10. – P. 841-849.
50. Prevo, A. J. Effect of EMG feedback on paretic muscles and abnormal co-contraction in the hemiplegic arm, compared with conventional physical therapy / A. J. Prevo, S. L. Visser, T. W. Vogelaar // Scand. J. Rehabil. Med. – 1982. – Vol. 14, No 3. – P. 121-131.
51. Rathkolb, O. Myobiofeedback in motor reeducation of wrist and fingers after hemispherical stroke / O. Rathkolb, S. Baykoushev, V. Baykousheva // Electromyogr. Clin. Neurophysiol. – 1990. – Vol. 30, No 2. – P. 89-92.
52. Rehabilitation of walking with electromyographic biofeedback in foot-drop after stroke / D. Intiso [et al.] // Stroke. – 1994. – Vol. 25, No 6. – P. 1189-1192.
53. Sackley, C. M. Single blind randomized controlled trial of visual feedback after stroke: effects on stance symmetry and function / C. M. Sackley, N. B. Lincoln // Disabil. Rehabil. – 1997. – Vol. 19, No 12. – P. 536-546.
54. Santee, J. L. Incentives to enhance the effects of electromyographic feedback training in stroke patients / J. L. Santee, M. E. Keister, K. M. Kleinman // Biofeedback Self Regul. – 1980. – Vol. 5, No 1. – P. 51-56.
55. Schleenbaker, R. E. Electromyographic biofeedback for neuromuscular reeducation in the hemiplegic stroke patient: a meta-analysis / R. E. Schleenbaker, A.G. Mainous 3rd. // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1993. – Vol. 74, No 12. – P. 1301-1304.
56. Schupp, W. Spastic movement disorders: non-medicamentous therapies based on neurophysiologic principles / W. Schupp, R. Jund // Nervenarzt. – 1991. – Vol. 62, No 12. – P. 711-721.
57. Sensory feedback therapy in patients with brain insult / J. Brudny [et al.] // Scand. J. Rehabil. Med. – 1977. – Vol. 9, No 4. – P. 155-163.
58. Step-length biofeedback device for walk rehabilitation / R. Montoya [et al.] // Med. Biol. Eng. Comput. – 1994. – Vol. 32, No 4. – P. 416-420.
59. Symmetrical body-weight distribution training in stroke patients and its effect on fall prevention / P. T. Cheng [et al.] // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 2001. – Vol. 82, No 12. – P. 1650-1654.
60. Takebe, K. Gait analysis in stroke patients to assess treatments of foot-drop / K. Takebe, J. V. Basmajian // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1976. – Vol. 57, No 1. – P. 305-310.
61. The augmented-feedback rehabilitation technique facilitates the arm motor recovery in patients after a recent stroke / L. Piron [et al.] // Stud. Health. Technol. Inform. – 2003. – Vol. 94. – P. 265-267.
62. The development and clinical evaluation of a standing biofeedback trainer / A. M. Wong [et al.] // J. Rehabil. Res. Dev. – 1997. – Vol. 34, No 3. – P. 322-327.
63. The effectiveness of EMG biofeedback in the treatment of arm function after stroke / J. L. Crow [et al.] // Int. Disabil. Stud. – 1989. – Vol. 11, No 4. – P. 155-160.
64. Treating chronic hemiparesis with modified biofeedback / J. Wissel [et al.] // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1989. – Vol. 70, No 8. – P.

- 612-617.
65. Treatment interventions for the paretic upper limb of stroke survivors: a critical review / S. Barreca [et al.] // *Neurorehabil. Neural. Repair.* – 2003. – Vol. 17, No 4. – P. 220-226.
 66. Use of the Halstead Category Test as a cognitive predictor of functional recovery in the hemiplegic upper limb: a cross-validation study / S. R. Barreca [et al.] // *Clin. Neuropsychol.* – 1999. – Vol. 13, No 2. – C. 171-181.
 67. Visually displayed EMG feedback: single case studies of hemiplegic upper extremity rehabilitation / J. G. Gianutsos [et al.] // *Cent. Nerv. Syst. Trauma.* – 1986. – Vol. 3, No 1. – P. 63-76.
 68. Wolf, S. L. Electromyographic biofeedback applications to stroke patients. A critical review / S. L. Wolf // *Phys. Ther.* – 1983. – Vol. 63, No 9. – P. 1448-1459.
 69. Wolf, S. L. Electromyographic biofeedback applications to the hemiplegic patient. Changes in lower extremity neuromuscular and functional status / S. L. Wolf, S. A. Binder-MacLeod // *Phys. Ther.* – 1983. – Vol. 63, No 9. – P. 1404-1413.
 70. Wolf, S. L. Electromyographic biofeedback applications to the hemiplegic patient. Changes in upper extremity neuromuscular and functional status / S. L. Wolf, S. A. Binder-MacLeod // *Phys. Ther.* – 1983. – Vol. 63, No 9. – P. 1393-1403.
 71. Wolf, S. L. EMG biofeedback in stroke : a 1-year follow-up on the effect of patient characteristics / S. L. Wolf, M. P. Baker, J. L. Kelly // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* – 1980. – Vol. 61, No 8. – P. 351-355.
 72. Wolf, S. L. EMG biofeedback in stroke : effect of patient characteristics / S. L. Wolf, M. P. Baker, J. L. Kelly // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* – 1979. – Vol. 60, No 3. – P. 96-102.
 73. Wolf, S. L. Essential considerations in the use of EMG biofeedback / S. L. Wolf // *Phys. Ther.* – 1978. – Vol. 58, No 1. – P. 25-31.

Рукопись поступила 24.10.05.