

движений конечностью и достижения угла активно-го сгибания 90° и более.

Использование метода функционального биоуправления позволило нам значительно сократить срок нормализации рефлекторной деятельности мышц, ускорить коррекцию формирующихся контрактур суставов.

Всего с учетом запланированной коррекции в рассматриваемой группе больных получено 87% хороших и отличных результатов.

Предложенные схемы лечения показали высокую эффективность, обеспечив снижение сроков созревания костного регенерата, быстрое восстановление функции оперированной конечности и как следствие — сокращение продолжительности лечения. Это позволяет рекомендовать их к более широкому внедрению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрианов В.Л., Поздеев А.П., Барчински А. //Современные методы лечения и протезирования при заболеваниях и повреждениях опорно-двигательной системы: Материалы Междунар. конгресса ортопедов и травматологов. — СПб., 1996. — С. 51.
2. Барчински А. Профилактика и лечение деформаций суставов при удлинении нижних конечностей у детей и подростков: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — СПб., 1997.
3. Белых С.И. //Полимеры и изделия из них для медицины: Тезисы Всесоюз. школы. — М., 1988. — С. 6-9.
4. Беляева А.А. Ангиография в клинике травматологии и ортопедии. — М., 1993.
5. Гордиченко А.И., Гаврюшенко Н.С., Казаков М.Е., Керничанский В.М. //Вестн. травматол ортопед. — 1999. — № 4. — С. 49-52.
6. Котельников Г.П., Безруков А.Е., Волова Л.Т., Нагота А.Г. //Труды Самарского государственного медицинского университета. — 1996. — С. 48-52.
7. Лаврищева Г.И., Козлюк А.С., Чобану П.И. Стимуляция остеогенеза костномозговыми клетками при осложненных переломах. — Кишинев, 1989.
8. Малахов О.А., Омеляненко Н.П., Докторов А.А. и др. //Трансплантация фетальных тканей человека. — М., 1996. — С. 76-83.
9. Малахов О.А., Цыкунов М.Б. //Материалы науч.-практ. конф. детских ортопедов-травматологов России. — Стара Русса, 2000. — С. 377-378.
10. Миронов С.П., Косов И.С., Малахов О.А., Самков А.С., Кожевников О.В. //Вестн. травматол. ортопед. — 2000. — № 1. — С. 3-8.
11. Пат. 2063720 РФ от 20.07.96. Стержневой компрессионно-дистракционный аппарат /Малахов О.А., Кожевников О.В., Цуканов В.Е.
12. Шапошников Ю.Г., Малахов О.А., Белых С.И. и др. //Съезд травматологов-ортопедов России, 6-й: Тезисы докладов. — Н. Новгород, 1997. — С. 693.
13. Шатилов О.Е., Чеминава Т.В. //Протезирование и протезостроение: Сб. трудов ЦНИИПП. — М., 1989. — Вып. 87. — С. 20-25.
14. Шевцов В.И., Макушин В.Д., Аранович А.М., Чегуров В.К. Хирургическое лечение врожденных аномалий развития берцовых костей. — Курган, 1998.
15. Beck L.S., Amento E.P., Xu Y., Deguzman L. et al. //J. Bone Miner. Res. — 1993. — № 6. — P. 1257-1265.
16. Behrens F. //Clin. Orthop. — 1989. — № 241. — P. 15-23.
17. McCoy M.T., Chao E.Y. //Ibid. — 1983. — № 180. — P. 23-33.
18. Omelyanenko N., Malakhov O., Shaposhnikov Yu. et al. //SIKOT 96: Amsterdam Final programme and abstracts. — 1996. — P. 253.
19. Pappas A.M. //J. Pediatr. Orthop. — 1983. — Vol. 3. — P. 45-60.

© И.С. Косов, 2001

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИИ МЫШЦ МЕТОДОМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО БИОУПРАВЛЕНИЯ

И.С. Косов

Центральный институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва

Представлена схема развития патофизиологических изменений двигательного анализатора при повреждениях опорно-двигательного аппарата: формирование порочного круга расстройств двигательной функции мышц, в котором основным иницирующим фактором служит дефицит сенсорной информации. Указаны место приложения искусственно создаваемой биологической обратной связи, а также ее роль в восстановлении двигательных качеств мышц.

Scheme of the development of pathologic motor analyser changes in locomotor system injuries which are manifested by the formation of vicious circle of disturbance of muscular motor function. In this the main initiating factor is the deficit of sensor information. The place of artificially created biological feedback is showed and its role in the restoration of muscular motor function is described.

Эффективность использования методик функционального биоуправления (ФБУ) в комплексном функциональном лечении двигательных нарушений убедительно продемонстрирована в ряде работ отечественных и зарубежных авторов [3-5]. Являясь по сути психофизиологическим, метод характеризуется со-

знательным и активным участием пациента в процессе лечения. Наиболее полно эффект ФБУ проявляется при восстановлении фазической (двигательной) функции мышц у больных с травмами опорно-двигательного аппарата. Предоставляя пациенту оперативную информацию о степени активности ос-

лабленной мышцы или группы мышц, метод способствует созданию адекватного режима для тренировки их двигательных качеств. Основным условием реализации ФБУ является создание дополнительных искусственных обратных связей, организованных, как правило, с помощью различных аппаратных средств. Представления о патогенезе двигательных нарушений при повреждении опорно-двигательного аппарата и иммобилизации, в которых основное место отводится снижению уровня афферентации и расстройству биологических обратных связей (БОС), инициировали разработку и внедрение целого ряда приборов, реализующих принцип ФБУ. Высокий терапевтический эффект тренировок с БОС по различным двигательным параметрам позволил относиться к этому лечебному фактору как к патогенетическому функциональному методу «БОС» (biofeedback — англ.).

Попытки раскрыть физиологические механизмы восстановления двигательных функций под воздействием БОС наталкиваются на очевидные объективные трудности, связанные с ограниченными возможностями исследовательской техники в области изучения проблем мозга, межнейронных взаимодействий, высшей нервной деятельности, сопряжения сознательного и бессознательного компонентов. Поэтому существующие концепции терапевтического эффекта ФБУ базируются в большей своей части на гипотезах. Впрочем, нельзя не признать, что основные медико-биологические учения развивались именно из гипотез, проходивших со временем проверку и получавших объективное доказательство.

Так, в настоящее время считается общепризнанным, что механизмы формирования двигательного навыка предусматривают постоянное присутствие контроля за локомоцией как при становлении нового движения, так и при последующем его воспроизведении. В случае нарушения имеющегося движения в результате травмы или под воздействием иных факторов происходит расстройство налаженных механизмов контроля и реализации двигательного акта. Целью медицинской реабилитации пациентов с двигательными нарушениями является восстановление соответствующего целенаправленного управления моторной деятельностью. Для оптимального моторного обучения требуется наличие замкнутой системы, обеспечивающей точную и постоянно поддерживаемую обратную (афферентную) связь.

Процессы восприятия афферентной информации складываются в цепь явлений объективного и субъективного порядка. При действии внешних и внутренних стимулов в проприоцепторах возникают потенциалы, вызывающие в свою очередь возбуждение афферентных сенсорных нервных волокон, активность которых интегрируется в сенсорных зонах головного мозга, в результате чего формируется сенсорное впечатление (ощущение). Это ощущение связано, как правило, с тем, что субъект уже испытал и чему обучился, при этом оно становится восприятием, на основе которого формируется двигательная задача и генерируются эфферентные сигналы (схема 1). В основе субъективных фе-

номенов — ощущений — лежат объективные (гистохимические) процессы, протекающие в нервной системе.

Характер восприятия зависит от ассоциативных связей в определенной области коры головного мозга, накопленных в процессе формирования функциональных зон и несущих в себе свойства, которые можно охарактеризовать как опыт. Экспериментальные сравнительно-анатомические исследования, изучение особенностей поведения, а также физиологические работы с использованием метода раздражения или метода выключения отдельных участков мозга позволили констатировать наличие отчетливой иерархической организации всех действующих систем головного мозга (зрительная, слуховая, обонятельная, двигательная). В основе каждой из них лежат первичные (проекционные) зоны, куда приходят афферентные и откуда отправляются эфферентные импульсы, при этом воспринимаемая информация подготавливается к дальнейшей обработке во вторичных зонах коры. Надстроенные над первичными зонами вторичные зоны относятся к области субъективной сенсорной физиологии и способны к анализу и синтезу поступающей информации, переработке (кодированию), интеграции сенсорной информации, хранению материала чувственного опыта, а также к подготовке сложных двигательных программ. Наконец, над этими зонами надстраиваются третичные зоны коры (зоны перекрытия), играющие особенно важную роль в функциональной организации мозга и обеспечивающие совместную работу отдельных анализаторов. Они ответственны за формирование планов и программ поведения (в частности — двигательного), регуляцию и контроль человеческой деятельности [2]. Синтез решения и начальный этап реализации движения выражается в селективном возбуждении двигательных нейронов первичной (проекционной) зоны коры и генерации эфферентных импульсов, распространяющихся на соответствующие мотонейроны сегментов спинного мозга.

На сегментарном уровне в системе биоуправления главенствуют рефлекторные связи, одно из основных предназначений которых — поддержание

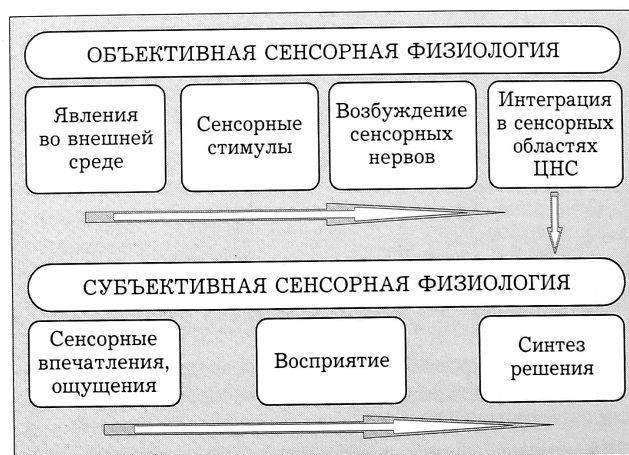


Схема 1. Соотношение объективных и субъективных феноменов в структуре процесса принятия решения [1]

стабильности в суставах как в покое, так и при движении. Взаимоотношения элементов рефлекторных дуг реализуются посредством генерации, восприятия и обработки биоэлектрических сигналов. В то же время крайне важное значение имеют биохимические (гуморальные) связи мотонейронов и мышечных волокон. Помимо выполнения своей специфической функции как проводника потенциалов действия, аксон служит каналом для орто- и ретроградного транспорта веществ. Белки, синтезированные в теле мотонейрона, синаптические медиаторные вещества, а также низкомолекулярные факторы посредством аксонного транспорта спускаются к синапсу. Предназначение этих веществ состоит в обеспечении синаптической передачи импульса возбуждения, а также в настройке обменных процессов в мышце: среди составляющих аксонного транспорта выделяется ряд субстанций, влияющих исключительно на метаболизм в мышечных волокнах, которые получили общее название трофических факторов. Ретроградный транспорт, доставляющий с периферии «сигнальные» факторы, содержащие информацию о состоянии рабочих мышечных волокон, рассматривается как главный фактор для регуляции синтеза белков в теле нейрона [6, 7]. Обмен биохимическими субстанциями между мотонейроном и мышечным волокном обеспечивает поддержание некоторого уровня энергетических процессов в мышце, достаточного для удовлетворения потребности в сокращении в соответствии с функциональной востребованностью мышцы. Ограничение этой востребованности при ряде патологических состояний (гиподинамия, иммобилизация и пр.) сопровождается снижением функциональной активности нервно-мышечного сопряжения и обуславливает перевод мышцы в более «экономное» состояние.

С учетом приведенной принципиальной схемы развитие патофизиологических изменений двигательного анализатора при повреждениях опорно-двигательного аппарата можно представить сле-

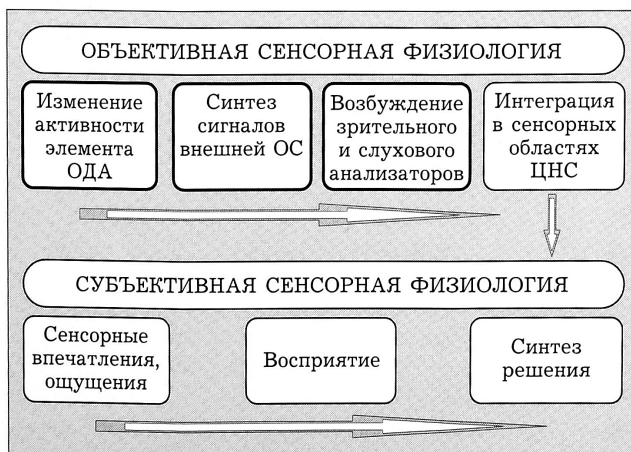


Схема 2. Формирование дополнительных связей в коре головного мозга при создании внешнего канала афферентации с помощью БОС.

(ОДА — опорно-двигательный аппарат; ОС — обратная связь)

дущим образом. Снижение уровня афферентации влечет за собой ограничение интегративных процессов в сенсорных областях ЦНС, дефицит сенсорных ощущений и нарушение процессов восприятия. Следствием этого является расстройство функции вторичных зон коры головного мозга, в частности синтеза решений, что приводит к значительному снижению потока эфферентных стимулов в направлении мотонейронов соответствующих сегментов спинного мозга. В условиях пониженного влияния со стороны вышерасположенных уровней управления мотонейроны сегментарного аппарата оказывают меньшее, чем в норме, стимулирующее воздействие на мышечные волокна, в результате чего изменяется активность метаболизма в мышце и, как следствие, происходит дальнейшее снижение уровня афферентации. При этом замыкается порочный круг, в котором основным иницирующим элементом служит дефицит сенсорной информации.

Введение в представленную систему искусственной внешней обратной связи вносит некоторые коррективы в ее рабочую схему, а именно в область объективной сенсорной физиологии (см. схему 1). Использование в технологии ФБУ зрительных и звуковых сигналов информации предусматривает некоторое удлинение пути поступления информации в центры интеграции. Это обуславливает включение в цепь афферентации органов зрения и слуха, а также зрительного и слухового анализаторов и их связей с корковыми интегрирующими структурами (схема 2). При этом в коре головного мозга активизируются третичные зоны, которые оказывают управляющее влияние на нижележащие элементы (зоны). Распространение возбуждения на мотонейроны сегментов спинного мозга и далее на мышечные волокна стимулирует интенсификацию энергетических процессов в мышце, что сопровождается соответствующими качественными и количественными изменениями аксонного транспорта. Сокращение мышц, возникающее при возбуждении, запускает генерацию сенсорных сигналов и увеличивает поток афферентных импульсов. Таким образом, метод ФБУ, восполняя дефицит афферентной информации, способствует разрыву порочных кругов, формирующихся при повреждениях опорно-двигательного аппарата.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дудел Дж., Рюэзг И., Шмидт Р., Яниг В. Физиология человека. — М., 1985. — Т. 2. — С. 7.
2. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. — М., 1973. — С. 43–63.
3. Миронов С.П., Орлецкий А.К., Цыкунов М.Б. Повреждения связок коленного сустава. — М., 1999.
4. Пинчук Ю.Д., Юрьева Р.Г. //Биол. обратная связь. — СПб, 1999. — N 3. — С. 24–28.
5. Berman B.M., Singh B.B., Hartnoll S.M. et al. //Am. Board. Fam. Pract. — 1998. — Vol. 11, N 4. — P. 272–281.
6. Gage P.W. //Physiol. Rev. — 1976. — Vol. 56. — P. 177–247.
7. Gutmann E. //Ann. Rev. Physiol. — 1976. — Vol. 38. — P. 177–216.