

ОСОБЕННОСТИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ У ДЕТЕЙ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ РОДОВОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ПЛЕЧЕВОГО СПЛЕТЕНИЯ И ИХ КОРРЕКЦИЯ МЕТОДОМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО БИОУПРАВЛЕНИЯ

И.С. Косов

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

Проведен анализ данных электромиографического исследования функции околосуставных мышц плечевого сустава у 11 детей с последствиями родового повреждения плечевого сплетения средней и тяжелой степени. Выявлены сдвиги в реципрокных отношениях мышц-антагонистов, а также повышение частоты осцилляций дельтовидной мышцы до 180 Гц. Выдвинуто предположение о возможности изменения функциональных свойств дельтовидной мышцы и ее компенсаторной перестройки по тоническому типу. Эта гипотеза нашла подтверждение при лечении обследованных детей с использованием средств функционального биоуправления. Применялся метод дифференцированной биологической обратной связи (БОС) по ЭМГ. В результате лечения в течение 6–7 мес сформированы адекватные взаимодействия околосуставных мышц-антагонистов, получена активная функция дельтовидной мышцы (более 3 баллов), отмечено снижение частоты ее осцилляций до 120 Гц.

In 11 children with moderate and severe obstetric brachial palsy the analysis of EMG data of periarticular shoulder muscles was performed. Changes in reciprocal relations of muscles-antagonists as well as of deltoid oscillation frequency increase up to 180 Hz were determined. Author's theory was that the changes of deltoid functional action and its compensatory remodelling on tonic type were possible. That supposition was confirmed by the treatment results of patients using biocontrol. Method of differentiated biofeedback on EMG was applied. During 6-7 months of treatment an adequate interaction of periarticular muscles-antagonists was achieved, active deltoid function (> 3 points) was obtained, decrease of deltoid oscillation frequency up to 120 Hz was noted

Первые сведения в литературе о повреждениях плечевого сплетения у новорожденных относятся ко второй половине XVIII века. В течение прошлого столетия многими авторами обсуждались различные аспекты нарушений функции верхних конечностей при этом страдании, а также способы лечения. Приводилась частота повреждений — 0,4–2,5 на 1000 новорожденных. Указывался процент полного восстановления движений — от 13 до 18. К исходу XX столетия этот показатель вырос до 70–95%. В то же время встречаемость повреждения не изменилась и составляет, по данным Калифорнийского университета, 2,5 на 1000 новорожденных [9]. В России частота акушерских парезов и параличей составляет в среднем 2–3 на 1000 новорожденных [1].

В зависимости от локализации повреждения выделяют верхний, или проксимальный, тип (Erb W., 1874; Duchenne G.B.A., 1883), нижний, или дистальный (Klumpke K., 1885), а также тотальный тип акушерского пареза. Наблюдаемые при каждом из этих типов двигательные нарушения достаточно типичны. Течение акушерских парезов и параличей зависит от тяжести поражения. При легкой форме объем активных движений становится полным к 3–5-му месяцу жизни ребенка. При повреждениях средней тяжести и

тяжелых восстановление идет медленно, рука и плечевой пояс отстают в росте, выражены атрофии, развиваются аддукторные или внутриторакционные контрактуры плечевого сустава, отмечаются различные костные изменения — замедление окостенения, гипоплазия плечевой кости, деформация акромиального отростка, укорочение шейки лопатки и др., причем выраженность этих изменений напрямую связана со степенью пареза [1].

Одной из основных задач в восстановлении функции плечевого сустава является коррекция приводящей контрактуры, обусловленной функциональной несостоятельностью m. deltoideus, имеющей место при заинтересованности n. axillaris [6]. Клиническая картина этого состояния точно отражена в описании Е. Виллиджера [3]: «рука не может более отводиться и подниматься вперед и назад, она вяло висит, и при попытке поднять ее получается, вместо поднятия руки, поднятие всего плеча». Среди мышц плечевого пояса максимальные изменения при проксимальном типе акушерского пареза претерпевает именно дельтовидная мышца, о чем свидетельствуют данные клинических, электромиографических и морфологических исследований [5].

Чтобы определить возможность использования средств БОС в комплексном лечении двига-

тельных нарушений при рассматриваемой патологии, мы исследовали активность мышц пояса верхних конечностей у 11 детей в возрасте от 9 до 14 лет. У всех пациентов были последствия родового повреждения плечевого сплетения средней и тяжелой степени. У 7 больных отмечался проксимальный, у 4 — тотальный тип акушерского пареза. Активное отведение плеча у 9 детей отсутствовало, а у 2 пациентов с тотальной формой поражения было в пределах $0-60^\circ$. Пяти детям ранее (от 4 до 8 лет назад) проводилась оперативная коррекция (операция Чижик-Полейко).

Изучали произвольную биоэлектрическую активность дельтовидной, большой грудной и трапециевидной мышц. Использовали методику поверхностной (накожной) электромиографии со стандартными миографическими электродами Medicor. Регистрировали биоэлектрические потенциалы одноименных мышц здоровой и пораженной конечности при попытке активного отведения плеча. Запись биотоков и анализ ЭМГ проводили с помощью 8-канального компьютеризированного аппаратно-программного комплекса ConAn.

При обследовании можно было ожидать, что мы не обнаружим биоэлектрической активности паретичных мышц. Однако во всех наблюдениях при попытке активного отведения плеча отмечалась биоэлектрическая активность одновременно всех порций дельтовидной, большой грудной и трапециевидной мышц (рис. 1), хотя требуемое движение при этом отсутствовало. Спектральный анализ ЭМГ выявил расширение частотного диапазона осцилляций дельтовидной мышцы с повышением его верхней границы до 180 Гц, тогда как на здоровой стороне и для других исследуемых мышц этот показатель не превышал 40 Гц (рис. 2).

Наблюдаемые изменения спектральных характеристик биоэлектрической активности дельтовидной мышцы при акушерском парезе Дюшенна—Эрба вполне могут быть обусловлены недостаточным (меньшим, чем в норме) количеством функционирующих мотонейронов передних рогов спинного мозга, имеющих связь с двигательными единицами, что выражается в отсутствии син-

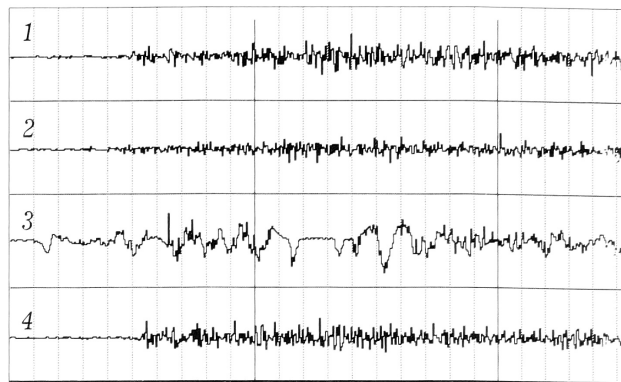


Рис. 1. ЭМГ передней (1) и задней (2) порций дельтовидной мышцы, трапециевидной (3) и большой грудной (4) мышц больного с парезом Дюшенна—Эрба.

хронизации сокращений двигательных единиц и невозможности развития слитного тетануса мышцы. В то же время это явление, на наш взгляд, может иметь и иное объяснение.

Плечевой сустав — один из самых подвижных суставов человека, обладающий максимальным числом степеней свободы. Функция околосуставных мышц заключается в обеспечении его стабильности как в покое, так и в движении, что осуществляется системой координации мышечной деятельности. Элементами этой системы являются мышечные волокна, проприоцепторы, локализующиеся в мышцах (мышечные веретена), сухожилиях (сухожильные органы Гольджи), капсульно-связочных структурах

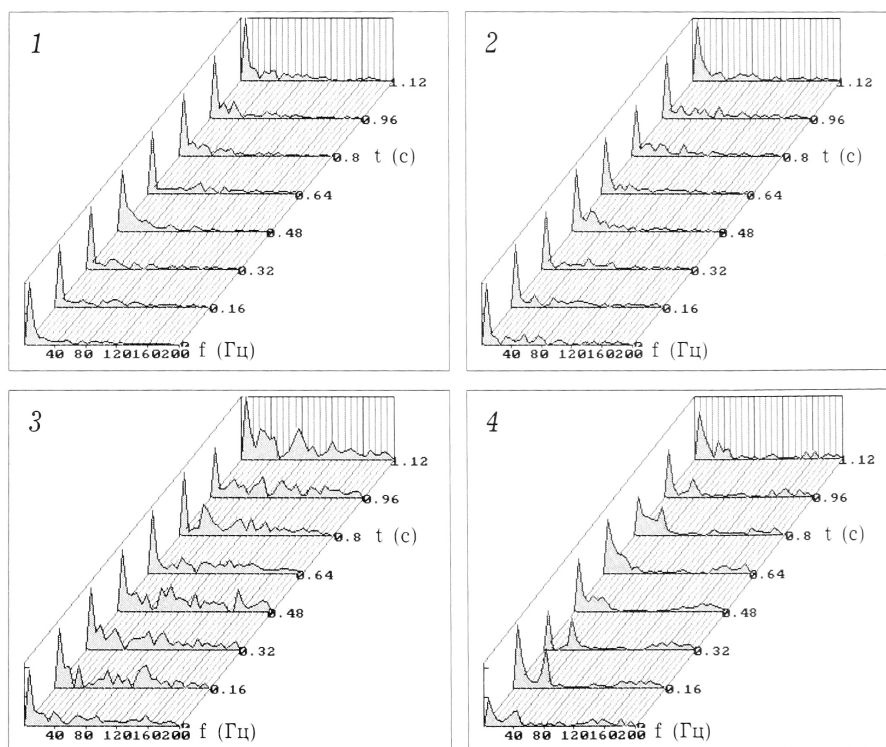


Рис. 2. Спектр ЭМГ трапециевидной (1), большой грудной (2), дельтовидной (3) мышц на пораженной стороне и дельтовидной мышцы на здоровой стороне (4).

(тельца Пачини, окончания Руффины, рецепторы типа Гольджи, свободные нервные окончания немиелинизированных нервных волокон), а также структуры интегративной переработки афферентной информации. Суставные рецепторы играют важную роль в восприятии положения и движения, мышечные — чувства силы [10].

Рецепторные структуры имеют большое значение в формировании моторных навыков как в сфере позно-тонических функций опорно-двигательного аппарата, так и в сфере управляемых перемещений, манипулирования предметами. Сразу после рождения ребенок не в состоянии совершать никаких контролируемых движений. Только к концу первых 4 мес жизни начинают организовываться правильные совместные движения глаз, повороты со спины на живот и т. п. Следует отметить то обстоятельство, что чувствительные отделы коры вступают в работу гораздо раньше: с 1,5 мес ребенок начинает узнавать то, что видит, понимать обращаемые к нему слова и т.д. Первенство развития именно афферентной части двигательной сферы позволяет растущему ребенку овладевать новыми сенсорными коррекциями. В многократных попытках «укротить» хаотичные движения рук сначала используется зрительный анализатор. По мере накопления опыта учета проприоцептивных ощущений движения приобретают черты управляемых. В последующем происходит накопление так называемых двигательных фонов — ребенок учится брать в руки игрушки, манипулировать ими, пользоваться ложкой, карандашом и т.п.

Развитие способности к согласованным целостным движениям является последовательным процессом, в котором дефицит фоновых навыков ограничивает возможности освоения более сложных движений. Процесс формирования двигательных навыков находится в прямой зависимости от созревания структур управления движением. Зрелость элементов нервно-мышечного аппарата связана со степенью миелинизации нервных проводников, их полноценность и состоятельность отмечается к 6–7-му году жизни ребенка. Это означает, что к данному возрасту растущий организм, как правило, накапливает основную базу двигательных синергий, которые им используются и будут использоваться в последующем для формирования новых управляемых движений [2]. Имеющиеся с рождения дефекты нервно-мышечной системы накладывают ограничение на развитие координации движений, препятствуют накоплению двигательных фонов и, как следствие, ограничивают возможности формирования двигательных навыков.

Структурная организация управления позно-тонической функцией мышц по сравнению с двигательной филогенетически сформировалась значительно раньше. Основой ее деятельности являются рефлекторные реакции спинальных и субкортикальных уровней центральной нервной системы, а принцип коррекции мышечных сокращений базируется на автоматизмах. В результате многочисленных исследований элементов нервно-мышечной системы удалось в определенной мере выявить особенности структурной организации тонической и фазической составляющих.

В составе экстрафузальных (рабочих) мышц различают «красные» и «белые» мышечные волокна, называемые рядом авторов соответственно медленными и быстрыми. Различия в цвете волокон связывают с более высоким содержанием миоглобина в «красных» мышцах и, в основном, с более развитой в них сетью капилляров, а также с повышенным уровнем энергетических процессов при физической нагрузке. Изучение электрофизиологических и гистохимических характеристик этих мышечных волокон позволило по функциональному признаку отнести светлые волокна к фазическим, а темные — к тоническим. Отмечается способность тонических волокон к суммации последовательных потенциалов нервно-мышечного соединения, способствующая развитию значительного статического усилия при многократной стимуляции (при увеличении частоты раздражения), а также обширное распространение потенциала на протяжении волокна, а не в нескольких дискретных участках, как в фазических волокнах [4].

Для сравнения сократительных свойств медленных и быстрых волокон проводилось изучение зависимости между длиной и напряжением мышцы, а также силы, развиваемой мышцей при различных скоростях укорочения. Объектом исследования служили, как правило, *m. soleus* (в качестве медленной «красной» мышцы), *m. tibialis anterior* и *m. gastrocnemius* (быстрые «белые» мышцы), выбранные для экспериментов на основании гистохимических данных о волокнах этих мышц. S. Cooper и J. Eccles [7] показали, что для развития слитного тетануса *m. soleus* кошки требуется частота раздражения около 30 имп/с, а *m. gastrocnemius* — 100 имп/с.

Попытки E. Henneman [8] выявить различия в иннервации тонических и фазических мышечных волокон, составляющих двигательные единицы, привели к обнаружению различных по размерам мотонейронов. При этом автор отмечает, что более крупные нейроны неспособны к тоническому ответу. В результате мелкие мото-

нейроны были отнесены к разряду тонических, а крупные — фазических.

Большой интерес представляют данные, полученные F. Romanul и соавт. [11] в опытах на животных. Они сравнивали медленную мышцу *m. soleus* с быстрыми — *m. flexor digitorum longus* или *m. flexor hallucis longus* после перекрестной реиннервации. Оказалось, что имеет место инверсия физиологических свойств реиннервированных мышц, которая сопровождается соответствующими изменениями в их ферментном составе. Этот феномен рассматривается как веский аргумент в пользу формирующего влияния мотонейронов на физиологию и биохимию иннервируемых ими мышц.

С позиции вышеизложенного наблюдаемые изменения биоэлектрической активности *m. deltoideus* могут быть объяснены функциональной перестройкой мышечной ткани по пути преобладания в ней тонических волокон. Моторное развитие детей с родовым повреждением плечевого сплетения происходит на фоне выраженных нарушений нервно-мышечного сопряжения пораженной руки. Это накладывает ограничения на накопление двигательных фонов, без которых дальнейшее формирование управляемых движений руки невозможно.

С целью статической стабилизации плечевого сустава организмом используются всевозможные резервы, в качестве которых могут выступать изменение функциональных свойств дельтовидной мышцы, а также сдвиги в антагонистических отношениях околосуставных мышц, в частности большой грудной и трапециевидной, проявляющих активность при попытке отведения плеча и замыкающих тем самым плечевой сустав. Изменение спектральных характеристик ЭМГ при произвольном сокращении дельтовидной мышцы можно объяснить отсутствием адекватной реакции «тонической» мышечной ткани на «фазические» стимулы, что обуславливает так называемую электромеханическую диссоциацию. В это же время рецепторы суставного чувства сигнализируют об отсутствии движения в суставе.

Допустимо предположить, что использование в схеме коррекции этих двигательных нарушений БОС по ЭМГ может обеспечить дополнительный канал афферентной информации и способствовать формированию отсутствующих двигательных навыков, а применение дифференцированной методики — ослабить напряжение мышц-антагонистов.

Для проверки исследовательской гипотезы и определения возможности применения метода БОС было проведено лечение группы обследованных больных. Во время тренировок с БОС по ЭМГ пациентам предлагали, ориентируясь на ощущения, возникающие при отведении здорового плеча, напрягать околосуставные мышцы на стороне повреждения. Электромиографические датчики фиксировали в области дельтовидной, большой грудной и трапециевидной мышц, активность двух последних использовали в качестве отрицательной обратной связи. Напряжение *m. deltoideus* при расслаблении других мышц оценивалось как правильно выполненное задание. Лечение проводилось 3 курсами по 15 процедур. У всех больных отмечена положительная динамика.

Для иллюстрации приводим два клинических наблюдения.

Больная Ш., 14 лет. Диагноз: тотальный тип акушерского пареза тяжелой формы слева. В возрасте 2 лет проведено оперативное лечение по методике Чижик-Полейко. При поступлении активные движения в плечевом суставе отсутствуют, определяются укорочение шейки лопатки и плечевой кости, деформация костей предплечья, гипотрофия дельтовидной мышцы. Пассивные движения в плечевом суставе в полном объеме.

На рис. 3 представлены ЭМГ околосуставных мышц, зарегистрированные при попытке отведения плеча, а также спектр биоэлектрической активности дельтовидной мышцы пораженной стороны.

В течение 7 мес проведено 3 курса тренировок с БОС по ЭМГ, 2 курса массажа и лечебной гимнастики. В результате лечения сформированы адекватные реципрокные отношения мышц-антагонистов, верхняя граница полосы спектра *m. deltoideus* снизилась до 120 Гц, появились активные движения (отведение до 70°), больная получила возможность пользоваться рукой в быту и при самообслуживании (рис. 4 и 5).

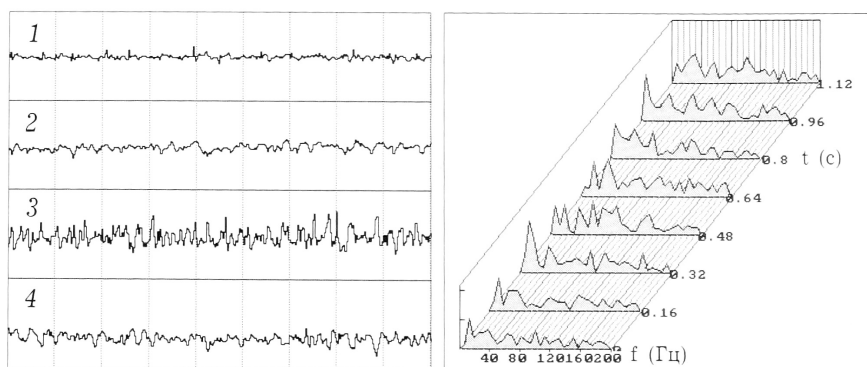


Рис. 3. ЭМГ передней (1), задней (2) порций дельтовидной мышцы, трапециевидной (3) и большой грудной (4) мышц и спектр ЭМГ дельтовидной мышцы больной Ш. до лечения.

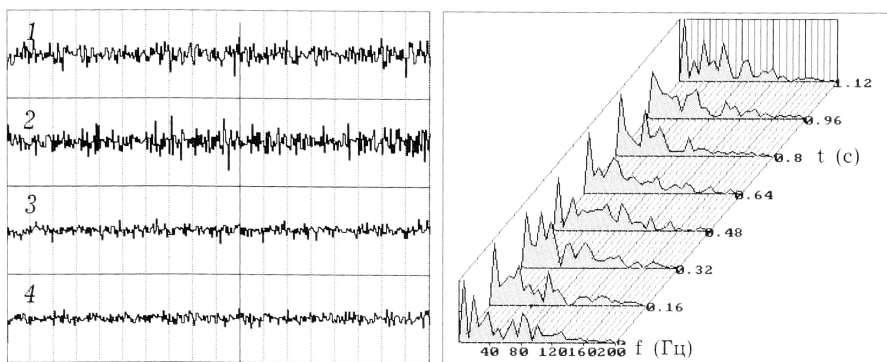


Рис. 4. ЭМГ передней (1), задней (2) порций дельтовидной мышцы, трапециевидной (3) и большой грудной (4) мышц и спектр ЭМГ дельтовидной мышцы больной Ш. после лечения.

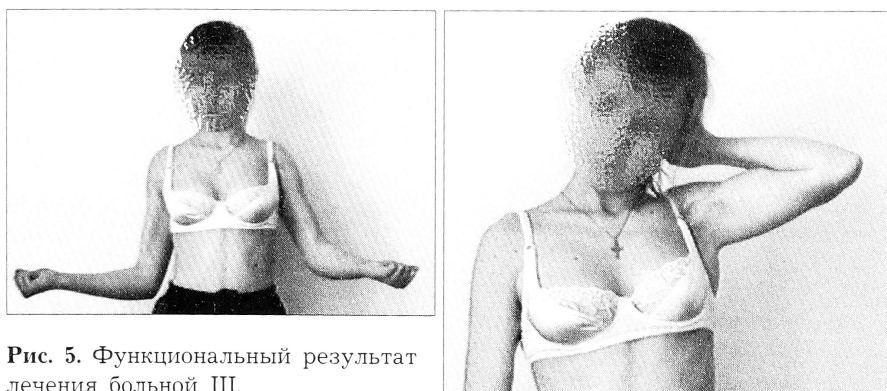


Рис. 5. Функциональный результат лечения больной Ш.

Больной Д., 12 лет. Диагноз: тотальный акушерский парез тяжелой формы справа с преобладанием дистального типа поражения. При поступлении: внутривертотационная контрактура, ограничение активного отведения плеча (60°), резкое нарушение манипуляционной способности правой кисти, которой больной в быту не пользуется, укорочение плечевой кости и костей предплечья.

Проведено 3 курса тренировок с БОС по ЭМГ в течение 6 мес по описанной методике. Активное отведение плечевой кости увеличилось до 80° , достигнут незначительный прогресс в коррекции внутривертотационной контрактуры. В то же время после второго курса лечения больной заявил о появлении функции правой кисти в виде основных типов захвата. Проявляя большое желание к приобретению новых двигательных навыков, наш пациент к началу третьего курса лечения освоил письмо и рисование правой рукой, управление детским мотоциклом, а при встрече приветствовал полноценным рукопожатием.

Применение БОС по ЭМГ при коррекции двигательных нарушений у детей с последствиями родового повреждения плечевого сплетения позволило повысить функциональные возможности пациентов. Характер динамики улучшения функции пораженной верхней конечности дает основание рассматривать выявляемые двигательные нарушения как проявление расстройства движений, связанного с отсутствием

у пациента нормальных двигательных актов и представлений об их структуре. Имеющиеся при этом адаптационные двигательные навыки закреплены в высших управляющих уровнях. Изменение функции околоуставных мышц при акушерском парезе Дюшенна—Эрба направлено на обеспечение статической стабильности сустава. Это проявляется в нарушении реципрокных взаимоотношений мышц-антагонистов. Использование средств биоуправления в комплексе функционального лечения позволяет формировать новые навыки с учетом степени восстановления анатомических структур. Первым этапом формирования нового двигательного навыка является разрушение старого адаптационного механизма. Создание с помощью БОС дополнительных каналов афферентации активизирует процессы формирования новых адаптационных двигательных навыков и саморегуляции двигательной функции на более высоком уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалян Л.О., Журба Л.Т., Всеволодская Н.М. Руководство по неврологии раннего детского возраста. — Киев, 1980. — С. 195–206.
2. Бернштейн Н.А. Психология. Вопросы восстановления психофизиологических функций: Ученые записки МГУ. — М., 1947. — Вып. 111, Т. 2. — С. 48–57.
3. Виллиджер Е. Периферическая иннервация. — М., 1917. — С. 90.
4. Гранит Р. Основы регуляции движений. — М., 1973. — С. 11–34.
5. Комаревцев В.Д., Бландинский В.Ф., Миначенко В.К. // Вестн. травматол. ортопед. — 1997. — N 1. — С. 10–15.
6. Чижик-Полейко А.Н., Дедова В.Д. Родовые повреждения плечевого сплетения. — Воронеж, 1984.
7. Cooper S., Eccles J. C. J. //Physiol. — 1930. —Vol. 69. — P. 397–385.
8. Henneman E. //Science. — 1957. — Vol. 126. — P. 1345–1347.
9. Jackson S. T., Hoffer M. M., Parrish N. //J. Bone Jt Surg. — 1988. — Vol. 70A, N 8. — P. 1217–1220.
10. Katsuhiko I., Yasumasa S., Hiromoto I., Hironobu I. //J. Should. Eibow Surg. — 1996. — Vol. 5, N 5. — P. 371–382.
11. Romanul F. C. A., van der Mealen J. P. //Arch. Neurol. — 1967. — Vol. 17. — P. 387–402.