

Роль электронейромиографии в оценке прогноза восстановления у детей с акушерским повреждением плечевого сплетения в практике специализированного центра

М.Л. Новиков¹, Д.С. Дружинин², В.А. Буланова², Т.Э. Торно¹

¹ ЗАО «Международный институт функциональной и реконструктивной микрохирургии»;
Россия, 150023 Ярославль, Тутаевское шоссе, 90;

² кафедра нервных болезней ГОУ ВПО «Ярославская государственная медицинская академия» Росздрава;
Россия, 150006 Ярославль, ул. Революционная, 6

Контакты: Дмитрий Сергеевич Дружинин ddc19yar@ya.ru

Задача настоящей публикации — познакомить практических неврологов и нейрофизиологов с нашим опытом применения электронейромиографии (ЭНМГ) в оценке прогноза у детей с акушерским повреждением плечевого сплетения. Анализ отечественной и зарубежной литературы показал, что единого подхода к электрофизиологической диагностике акушерского повреждения плечевого сплетения не разработано. Цель исследования — ретроспективная оценка динамики электрофизиологических и сонографических показателей у детей с акушерским повреждением плечевого сплетения, определение наиболее информативных параметров. Всего за период с 2007 по 2014 г. нами осмотрено 218 детей, из них прооперировано 74. С учетом технических трудностей проведения электрофизиологического исследования у детей раннего возраста нами предложен следующий алгоритм: 1) оценка состояния ключевых мышц, ответственных за восстановление основных движений в верхней конечности: игольчатая ЭНМГ надостной и подостной мышц (с целью оценки состояния мышц, отвечающих за наружную ротацию плеча), кожная ЭНМГ двуглавой мышцы (сгибание руки в локтевом суставе); 2) топическая диагностика (исключение паралича и оценка электрофизиологических критериев отрыва корешка). При ретроспективной оценке электрофизиологических параметров у детей с разной степенью восстановления функции наиболее важным является оценка параметров длительности потенциалов двигательных единиц (ПДЕ) в динамике. Прогностически неблагоприятным электрофизиологическим признаком при акушерском повреждении, по нашему мнению, служит отсутствие регистрации ПДЕ при игольчатом отведении в надостной мышце и отсутствие интерференционной кривой («биоэлектрическое молчание») с двуглавой мышцей плеча до 6 мес. После 6 мес целесообразно исследование длительности ПДЕ в подостной мышце в динамике, исследование коконтракции мышц агонистов и антагонистов. Решение о проведении реконструктивных операции хирургом принимается на основании совокупности клинико-инструментальных данных. Интересным представляется возможность использования ультразвукового исследования периферических нервов (оценка спинномозговых нервов на уровне выхода из межпозвоноковых отверстий, величина невротомы, сопутствующие повреждения окружающих тканей), однако эти данные требуют дальнейшего изучения.

Ключевые слова: плечевое сплетение, акушерское повреждение плечевого сплетения, паралич Дюшенна — Эрба, паралич плечевого сплетения, электронейромиография, электромиография, ультразвуковое исследование периферических нервов, реконструктивная микрохирургия, тест Mallet, КТ-миелография

Role of electromyography in assessing prognosis for children with obstetric brachial plexus injury in practice of a specialized center

M.L. Novikov¹, D.S. Druzhinin², V.A. Bulanova², T.E. Torno¹

¹ International Institute for Functional and Reconstructive Microsurgery; 90, Tutayevskoe Shosse, Yaroslavl 150023, Russia;

² Yaroslavl State Medical Academy 6, Revolution St., Yaroslavl 150006, Russia

The aim of current publication — to present our own experience in use of electromyographic examination in prognosis for children with obstetric brachial plexus injury to practical neurologists and neurophysiologists. Review of literature shows that common approaches to electrophysiological diagnosis of obstetric brachial plexus injury do not exist. The aim of this study — to evaluate retrospectively electrophysiological and sonographic parameters of obstetric brachial plexus injury in children, determining the most informative variables. Since 2007 to 2014 we examined 218 children, 74 of them were operated. Electrophysiological investigation in young children have difficulties in performance. We present our algorithm of diagnostic of obstetric brachial plexus injury: 1) testing main muscles, which perform basic movements in upper limb (needle EMG of supra- and infraspinatus muscles and cutaneous EMG of biceps muscles); 2) localization of injury (paralysis or Duchenne — Erb palsy and electrophysiological criteria of spinal cord root avulsion). We found out that the most crucial role in assessing prognosis plays an examination of motor unit potentials (MUPs) duration. Absence of MUPs within needle EMG from supraspinatus muscle and absence of interference curve from biceps muscle during first 6 months have poor prognosis. After 6 months careful, dynamic study of MUPs duration in infraspinatus muscle and co-contraction of agonist and antagonist muscles is needed. To decide whether reconstructive surgery in a patient with obstetric brachial plexus injury is necessary, surgeon must analyze clinical and instrumental data. The possibility of usage of the ultrasonography in brachial plexus injury requires further investigation.

Key words: brachial plexus, obstetric brachial plexus injury, Duchenne–Erb palsy, upper limb paralysis, electromyography, nerve ultrasonography, reconstructive microsurgery, Mallet test, CT-myelogram

Первые упоминания об акушерском повреждении плечевого сплетения (АППС) датированы 1746 г., когда W. Stelly описал картину двусторонней обратимой слабости руки у новорожденного ребенка. В 1870-х годах исследователями G.В.А. Duchenne и W.H. Erb подробно описана клиническая картина повреждения верхнего ствола плечевого сплетения (ПС) и механизм тракционного повреждения во время родов [1]. В 1885 г. А. Klumpke описала клиническую картину изолированного повреждения корешков C8-Th1, позже названного ее именем.

По данным мировой литературы, вероятность получения травмы ПС во время родов составляет 0,3–3,9 случая на 1000 новорожденных [2–21]. Как показывают исследования последних десятилетий с учетом данных крупных акушерских центров Европы и Северной Америки, частота развития АППС, составляет 1–2 на 1000 новорожденных [22–26]. В большинстве опубликованных сообщений причинами повреждения называют патологическое положение плода или трудности при родовспоможении. Отдельные авторы пишут о снижении частоты АППС при использовании улучшенных акушерских приемов и кесарева сечения в сложных случаях [14, 20], однако другими исследователями это не подтверждается [9, 27, 28]. Основными факторами риска АППС являются масса плода свыше 4000 г, сахарный диабет у матери, увеличение длительности 2-го периода родов, поздний возраст матери, а также комбинация этих факторов [4, 8, 13, 14, 16–19, 22, 23, 27]. В случае наложения щипцов возможно непосредственное повреждение сплетения в результате сдавления [18, 20]. В редких случаях АППС сочетается с повреждением лицевого нерва, кривошеей, переломами ключицы и плечевой кости [7, 12, 13, 18, 20]. Двустороннее АППС, по разным данным, встречается с частотой от 8,3 до 23 % случаев [3, 10, 12, 21]. Спонтанное повреждение ПС вследствие атипичного положения плода внутри матки очень сомнительно. Повреждение ПС возможно при спонтанных родах при нормальном предлежании плода из-за несоответствия размеров плечевого пояса плода и ширины таза роженицы. Кесарево сечение снижает риск развития АППС, но не полностью исключает возможность его развития [9, 14].

Экспериментальные исследования мертворожденных детей были проведены независимо друг от друга А. Gilbert [29] и J.H. Metaizeau [30]. Они показали, что вытягивание головы плода при «застревании» плечевого пояса приводит прежде всего к растяжению спинальных нервов C5 и C6. Дальнейшее растяжение

вызывает разрыв соответствующих нервных пучков и оказывает влияние на корешок C7. Хотя целостность пучков при этом нарушается, эпиневрй остается сохраненным. Описанные выше явления возникают при воздействии силы натяжения в 35–40 кг. При более значительной нагрузке возможен полный разрыв с вовлечением эпиневрия. Целостность пучка C7 при этом также может нарушаться либо вследствие его отрыва от спинного мозга, либо в месте выхода из межпозвонкового отверстия. Если C7 оказывается поврежден, в процесс вовлекаются также и оба каудальных корешка C8 и Th1. Для их повреждения достаточно силы натяжения в 20–25 кг, при этом в большинстве случаев происходит их отрыв от спинного мозга. Как показали экспериментальные исследования, повреждение шейных корешков сразу после рождения инициирует процесс дегенерации мотонейронов в спинном мозге [31, 32].

Несмотря на неоднозначные высказывания экспертов о месте электрофизиологического исследования в оценке состояния ПС при акушерском повреждении, для нас очевидна важность комплексного электрофизиологического обследования [33–36]. Проведение электронейромиографического исследования (ЭНМГ) у детей грудного возраста технически затруднительно в связи с невозможностью получения изолированного моторного ответа отдельных мышц, отсутствием возможности регистрации F-волн, большим разбросом величины амплитуды моторного ответа при стимуляции нервов верхних конечностей у новорожденных детей в норме, ранним исчезновением спонтанной активности и сложностью ее оценки у новорожденных [37]. В данной статье представлен собственный опыт использования комплексных электрофизиологических и ультразвуковых (УЗ) диагностических методов исследования у детей с родовым повреждением ПС.

Прием детей проводился квалифицированным реконструктивным микрохирургом совместно с детским неврологом и специалистом-нейрофизиологом, имеющим соответствующую подготовку при проведении ЭНМГ. После клинической оценки проводился необходимый минимум нейрофизиологического обследования, включавший игольчатую и накожную ЭНМГ ключевых мышц. Совместная многолетняя работа нейрофизиолога и реконструктивного микрохирурга позволила лучше понимать возможности и ограничения, цели и задачи ЭНМГ у детей с акушерским повреждением ПС, выработать клинко-электрофизиологический алгоритм диагностики.

Цель исследования — ретроспективная оценка динамики электрофизиологических и УЗ-показателей у детей с АППС, определение наиболее информативных параметров, уточнение целей и задач электрофизиологического исследования.

Материалы и методы

Всего за период с 2007 по 2014 г. осмотрено 218 детей, из них прооперировано 74. Всем пациентам проводили клиническое обследование, динамическую ЭНМГ с использованием накожных и игольчатых электродов, в отдельных случаях ультразвуковое исследование (УЗИ) ПС и спинномозговых нервов на уровне выхода из межпозвоночных отверстий C4–Th1. Перед проведением всех исследований законные представители ребенка подписывали информированное согласие на выполнение процедуры.

ЭНМГ проводилась на аппарате «Нейро-МВП» («Нейрософт», Россия). В связи с техническим ограничением проведения ЭНМГ у детей в возрасте до 1 года нами был выбран ограниченный алгоритм исследования, включавший исследование надостной и подостной мышц с использованием игольчатых электродов, исследование параметров потенциалов двигательных единиц (ПДЕ) (средняя длительность, средняя амплитуда) и оценку амплитудно-частотных характеристик интерференционной кривой с двуглавой мышцы плеча. Из-за плохой субъективной переносимости игольчатой миографии у детей для исследования были выбраны надостная и подостная мышцы. Выбор указанных мышц обусловлен, во-первых, тем, что надлопаточный нерв, иннервирующий надостную и подостную мышцы, отходит от верхнего ствола ПС, который в большей степени подвержен тракционному повреждению при АППС; во-вторых, указанные мышцы участвуют в наружной ротации плеча, которая является приоритетной функцией в реконструкции движения при АППС. В качестве нормальных значений средней длительности ПДЕ для подостной мышцы приняты следующие: в возрасте до 6 мес — 8,5 мс, от 6 до 12 мес — 9,5 мс, амплитуда ПДЕ в диапазоне от 300 до 600 мкВ [38]. Технически сложным было оценить спонтанную активность у грудных детей в связи с их беспокойным поведением из-за болевых ощущений при введении игольчатого электрода.

Тест на коконтракцию мышц агонистов и антагонистов в восстановительный период проводился с использованием накожных электродов и одновременной регистрацией интерференционной кривой при двуканальном отведении электромиограммы (ЭМГ) с двуглавой и трехглавой мышц плеча, по показаниям также проводилась оценка с других мышц. Полученные значения амплитуды и частоты интерференционной кривой сравнивались с контралатеральной (здоровой) конечностью.

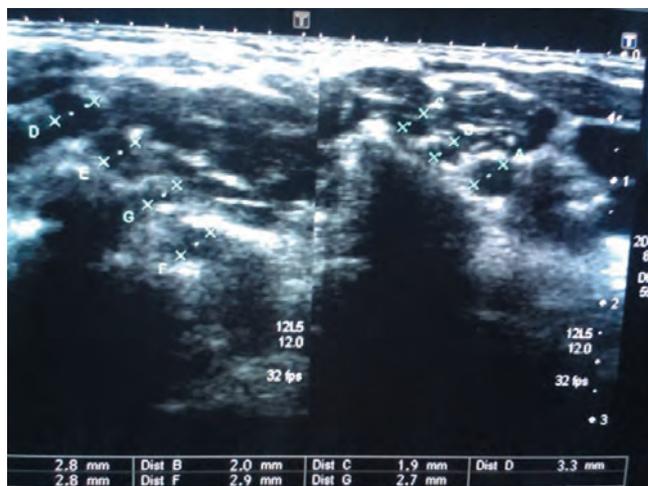


Рис. 1. Поперечное сканирование стволов плечевого сплетения на уровне I ребра в норме у ребенка в возрасте 2 мес



Рис. 2. Продольное сканирование спинномозговых нервов на уровне выхода из межпозвоночных отверстий у ребенка в возрасте 3,5 года в норме

УЗ-сканирование ПС проводилось на УЗ-сканере «Sonoscape» (Китай) с использованием линейного датчика 8–14 мГц. Визуализировались стволы ПС в поперечном доступе в виде гипоэхогенных однородных округлых образований, расположенных по одной линии перпендикулярно тени I ребра (рис. 1). Спинномозговые нервы визуализировались на уровне C5–Th1 рядом с тенью от поперечных отростков позвонков в виде гипоэхогенных однородных тяжей с характерным дугообразным ходом (рис. 2). В качестве нормативного значения для спинномозгового нерва на уровне C4–C5–C6 принята толщина 2,5 мм и менее [39]. При визуализации невромы проводилось описание размера, формы и уровня локализации, УЗИ мышц.

Клинический осмотр проводился специалистом по реконструктивной микрохирургии с использованием шкалы Mallet [40], а также других специализированных тестов (рис. 3). Использование тестов по-



Рис. 3. Тест Mallet [41] для оценки двигательного дефицита

звояет классифицировать мышечную активность в конечности по 5 естественным движениям: активное отведение, наружная ротация, заведение руки за голову, заведение руки за спину, приведение руки к губам. Тест Mallet отражает преимущественно движения в плечевом и локтевом суставах, поэтому используется при повреждениях верхнего ствола ПС. Этот тест является простым, общепринятым среди врачей-хирургов способом оценки двигательного дефицита в до- и послеоперационном периоде, но не признается основным в клинической практике [30, 36, 40–43].

В качестве референтных методов для подтверждения отрыва корешков от спинного мозга использовались рентгено-контрастная миелография (КТ-миелография), магнитно-резонансная томография (МРТ) шейного отдела позвоночника, интраоперационная стимуляция корешков и нервов.

Результаты и обсуждение

Нами определены этапы диагностического поиска, стоящие перед врачами (клиницистами и нейрофизиологами) при проведении исследования.

1. Определение уровня повреждения ПС (клиника + ЭНМГ).



Рис. 4. Акушерский паралич справа

2. Диагностика преганглионарного повреждения ПС (клиника + ЭНМГ + КТ-миелография + УЗИ).

3. Характер повреждения ПС (невропраксия, аксонотмезис, невротмезис: ЭНМГ + клиника).

4. Оценка коконтракции мышц агонистов и антагонистов в восстановительном периоде (двуканальная ЭМГ).

5. Дифференциальный диагноз для исключения других повреждений.

6. Динамическое наблюдение после реконструктивных операций.

Выделяют 3 уровня повреждения ПС: верхний ствол ПС (C5, C6 ± C7 – паралич Дюшенна – Эрба), нижний ствол ПС (C8, Th1) и тотальное повреждение сплетения (C5–Th1). В наших наблюдениях 94 % составили повреждения верхнего ствола ПС и 6 % – тотальные поражения сплетения (рис. 4). За все время не было выявлено ни одного случая изолированного повреждения нижнего ствола ПС. Таким образом, необходимо дифференцировать паралич Дюшенна–Эрба и тотальное повреждение ПС. В подавляющем большинстве случаев для определения уровня повреждения достаточно клинического осмотра, ЭНМГ требуется только для объективизации и подтверждения вовлечения нижнего ствола. Достаточно использовать накожное отведение с передней и задней групп мышц предплечья для оценки произвольной мышечной активности этих мышц.

Одна из основных задач нейрофизиолога при АППС заключается в определении электрофизиологических критериев отрыва корешка от спинного мозга. Преганглионарное повреждение свидетельствует о невозможности спонтанного восстановления и служит показанием для реконструктивной микрохирургии на ПС. Клиническими признаками отрыва корешков C4–C6 (C7) являются синдром Горнера и вовлечение диафрагмального нерва, однако отсутствие этих признаков не может достоверно свиде-

тельствовать об отсутствии преганглионарного повреждения. Электрофизиологические критерии отрыва корешка от спинного мозга следующие: регистрация потенциала действия сенсорного нерва на дистальном отрезке при анестезии в зоне его иннервации, отсутствие соматосенсорных вызванных потенциалов, наличие признаков денервации (потенциалы фибрилляций и положительные острые волны) в параспинальных мышцах [44]. При выполнении электрофизиологического исследования у детей до 1 года технически трудно провести игольчатую ЭМГ параспинальных мышц, невозможно оценить нарушение чувствительности, данные ЭНМГ неспецифичны при сочетанном пре- и постганглионарном повреждении, а также трудно интерпретировать уровень поражения корешка при сегментарном перекрытии зон чувствительной иннервации. Ввиду этих сложностей рядом исследователей ЭНМГ была исключена из протокола обследования детей с АППС [45], но мы считаем, что при определенном опыте работы специалиста данные ЭНМГ могут быть важным дополнением к клинической картине и являются обоснованием для проведения референтных методов (КТ-миелография). Диагностическая ценность ЭНМГ в отношении преганглионарного повреждения была подробно исследована в работе J. K. Terzis и M. L. Новикова [44]. Путем сопоставления полученных электрофизиологических, радиологических показателей с данными интраоперационной диагностики был высчитан процент совпадений между данными инструментальных методов и интраоперационных находок (табл. 1).

Таким образом, по приведенным данным, ЭНМГ в диагностике преганглионарного повреждения обладает достоверно меньшей чувствительностью в сравнении с миелографией и КТ-миелографией, наибольшая чувствительность ЭНМГ отмечается при отрыве моторных и сенсорных корешков C8–Th1 и C5, C6, меньшая — при отрыве C7. У детей старше 6 лет чувст-

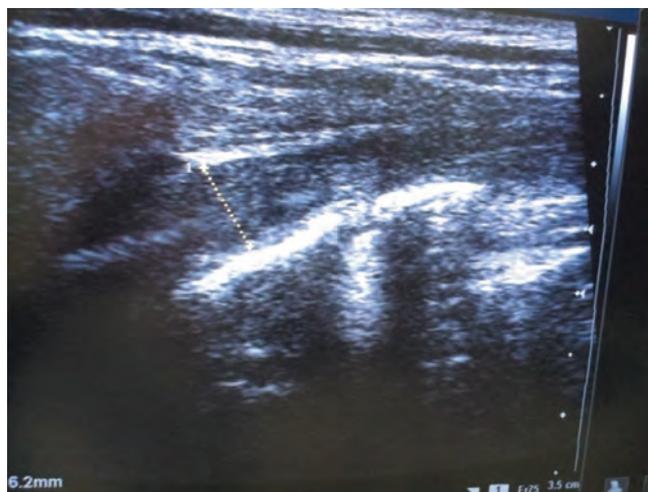


Рис. 5. Отрыв моторного и сенсорного корешка нерва C5. Утолщение спинномозгового нерва C5

вительность электрофизиологического метода значительно возрастает в сравнении с детьми младшего возраста.

В качестве дополнительного метода диагностики отрыва нами использовалась УЗ-сканирование спинномозговых нервов на уровне выхода из межпозвоночных отверстий. УЗИ-признаки отрыва — значительное утолщение тени от спинномозгового нерва в межпозвоночной промежутке в сравнении с выше- и нижележащими нервами (рис. 5). Полученные данные являются ориентировочными и дополняют данные ЭНМГ. Выполнение УЗИ спинномозговых нервов в продольном и поперечном сечении затруднительно у новорожденных детей в связи с несоответствием размеров линейного датчика УЗ-сканера и шеи ребенка. Наиболее информативно УЗИ, по нашему мнению, у детей старше 3 лет. Вопрос об информативности УЗИ в обсуждаемой ситуации требует дальнейшего изучения, сопоставлений с референтными методами исследования.

Большую сложность представляет использование ЭНМГ в оценке степени повреждения. Функция пе-

Таблица 1. Характеристика электрофизиологических и радиологических методов диагностики преганглионарного повреждения (J. K. Terzis, M. L. Новиков [44])

Признак	Электрофизиологические методы диагностики, %	КТ-миелография, %	Миелография, %
Специфичность	95,1	92,1	90,1
Чувствительность	47,4 (p < 0,05)	93,2	76,2
Точность	78,4	90,8	87,4
Уровень C5, C6	70,3	92,4	87,2
Уровень C7	61,3	92,6	86,3
Уровень C8, Th1	75,4	77,6	68,1
Возраст: до 6 мес	58,2	76,1	63,2
1–6 лет	60,4	75,2	68,4
после 6 лет	88,9	94,2	90,3

риферического нерва нарушается вследствие потери его аксонами способности к проведению возбуждения. Эта утрата в зависимости от степени повреждения различных структур нерва может достигать 3 степеней тяжести по Н. J. Seddon et al.: невропраксия, аксонотмезис, невротмезис [46]. S. Sunderland et al. описывает невропраксию как повреждение I степени тяжести, аксонотмезис – II степени, а невротмезис подразделяет на III и IV степени в зависимости от вовлечения в патологический процесс эндоневрия, периневрия или эпиневирия [47]. В ходе наших наблюдений за детьми с АППС, в отличие от взрослых, даже при грубом тотальном повреждении ПС наблюдается минимальная спонтанная положительная динамика, что связано, по нашему мнению, с большой пластичностью нервной системы у детей. Для определения наиболее информативных показателей, ретроспективно нами выделены 3 группы детей с АППС, которым проводилась ЭНМГ в динамике и которые по разным причинам не были прооперированы на первом году жизни. В соответствии с целями и задачами выделено 14 детей (6 мальчиков и 8 девочек), которые находились под нашим наблюдением в возрасте с 3–4 мес в течение более 1 года, не имели выраженных сопутствующих соматических и неврологических нарушений. Интервал между посещениями составил 3 мес, при каждом визите проводили клиническую оценку по шкале Mallet, игольчатую миографию надостной и подостной мышц, накожную ЭМГ двуглавой мышцы и УЗИ ПС. При подозрении на отрыв моторного корешка от спинного мозга проводили КТ-миелографии или МРТ ($n = 3$). Разделение на группы осуществляли в зависимости

от степени повреждения ПС и динамики восстановления функции: 1-я группа ($n = 7$) – пациенты с хорошим спонтанным восстановлением функции (соответствует невропраксии), 2-я группа ($n = 4$) – пациенты с неполным восстановлением функции без признаков отрыва корешка от спинного мозга (аксонотмезис), 3-я группа ($n = 3$) – пациенты с неполным восстановлением функции с признаками отрыва корешков от спинного мозга (соответствует невротмезису). Сводные результаты наблюдения приведены в табл. 2.

Таким образом, в 3-й группе отмечены 2 случая, когда не удалось зарегистрировать пригодные для статистического анализа ПДЕ, при этом регистрировались «отдаленные» низкоамплитудные ПДЕ. При УЗИ-контроле визуализировалось значительное уменьшение объема подостной мышцы (1,5–2 мм в поперечном измерении по результатам УЗИ). Отсутствие рекрутирования ПДЕ может быть связано с неполным контактом игольчатого электрода с истонченной мышцей, а «отдаленные» ПДЕ могли быть получены с сохраненной трапециевидной мышцы. Средняя длительность ПДЕ была несколько больше у пациентов 2-й группы без статистически достоверной разницы. По нашим данным, низкоамплитудные полифазные ПДЕ, свидетельствующие об активном коллатеральном спрутинге, регистрируются чаще в ранние сроки после реконструктивных операций и редко у неоперированных детей. Появление таких ПДЕ, наряду с нормальными, является благоприятным признаком улучшения функции мышцы. Амплитудно-частотные характеристики двуглавой мышцы были значительно ниже у пациентов 3-й группы, однако данные поверхностной миографии у детей в возрасте до 1 года относи-

Таблица 2. Результаты ЭНМГ и УЗИ у детей с АППС в возрасте до 6 мес

Признак	1-я группа ($n = 7$)	2-я группа ($n = 4$)	3-я группа ($n = 3$)
Данные ЭНМГ			
Средняя длительность ПДЕ (<i>m. infraspinatus</i>)	10,5 ± 3,2	12,2 ± 2,9	
Отклонение средней длительности ПДЕ от среднего значения (<i>m. infraspinatus</i>), %	33,1 ± 6,1	42,1 ± 11,5	86
Средняя амплитуда ПДЕ (<i>m. infraspinatus</i>), мкВ	1997 ± 865	1857 ± 913	2508 ± 1032
Отсутствие рекрутирования ПДЕ (<i>m. infraspinatus</i>), %	–	75 ($n = 3$)	66 ($n = 2$)
Низкоамплитудные полифазные ПДЕ	–	+ / –	+
Средняя амплитуда интерференционной кривой (<i>m. biceps-brachii</i> 802 ± 140), мкВ		515 ± 139	–
Средняя частота интерференционной кривой (<i>m. biceps-brachii</i>), Гц	53	41,7	–
Данные УЗИ			
Толщина верхнего ствола плечевого сплетения в межлестничном промежутке (C4, C5), мм	2,5–2,9	2,7–3,2	3,3–3,8
Утолщение спинномозгового нерва (УЗИ признак отрыва моторного и сенсорного корешка)	–	–	++ –

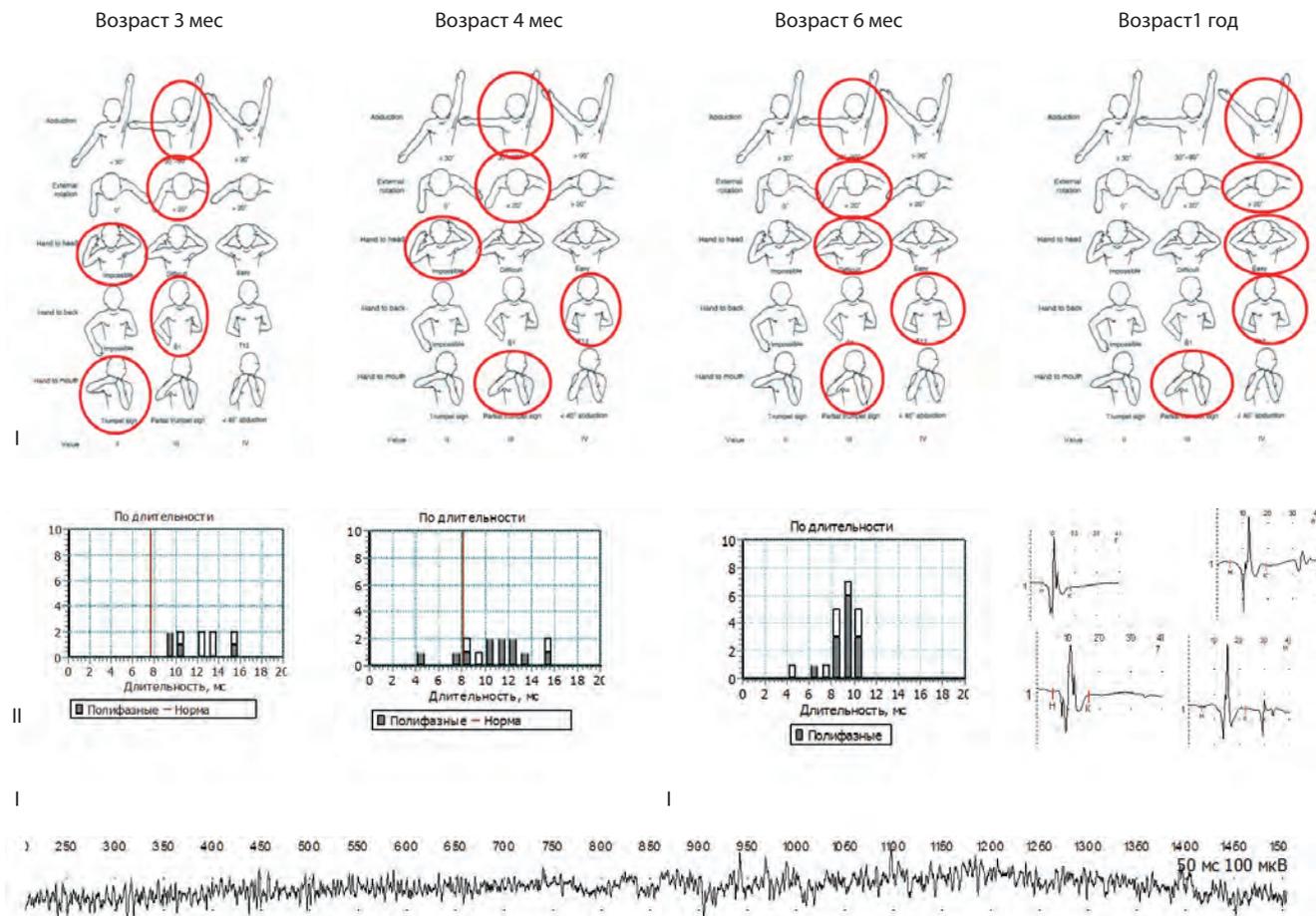


Рис. 6. Наблюдение за ребенком с нейропраксией: I – шкала Mallet; II – распределение средней длительности исследуемых ПДЕ; III – интерференционная кривая с двуглавой мышцы плеча (комментарий в тексте)

тельны и могут быть обманчивы в связи с низкой специфичностью. Накожную ЭМГ с двуглавой мышцей целесообразно использовать для регистрации появления минимальной мышечной активности у детей с тотальным АППС без учета количественных параметров. По данным УЗИ мы отметили тенденцию к увеличению толщины верхнего ствола ПС > 3 мм при более тяжелом повреждении. У детей 3-й группы в 2 случаях выявлено увеличение толщины спинномозгового нерва C5, C6 на уровне выхода из межпозвоночных отверстий (в дальнейшем у этих пациентов по данным КТ-миелографии выявлены признаки отрыва моторного и сенсорного корешка).

На рис. 6 представлен наиболее типичный пример ретроспективного клинико-электрофизиологического наблюдения за ребенком с АППС с хорошим восстановлением функции руки к концу года наблюдения. Вместе с улучшением клинических данных регистрируется уменьшение средней длительности ПДЕ. К первому году наблюдения у ребенка регистрировались отдельные полифазные ПДЕ (полифазия 40–60 %), распределение ПДЕ по длительности приближалось к нормальному. С двуглавой мышцей плеча регистрировалась интерференционная кривая в течение всего периода наблюдения.

На рис. 7 представлены данные ребенка со слабым восстановлением функции к концу года наблюдения, без признаков отрыва корешка от спинного мозга. За первые 3 мес наблюдения не были зарегистрированы ПДЕ с надостной и подостной мышц, с 4,5 мес появилось минимальное отведение и приведение плеча. Электрофизиологически регистрировались ПДЕ низкоамплитудные и полифазные, вместе с единичными ПДЕ нормальной длительности и формы, при последующем наблюдении количество полифазных, низкоамплитудных ПДЕ значительно уменьшилось. Полученная картина указывает на активный коллатеральный спрутинг, который у детей протекает за сравнительно небольшой временной промежуток. Над двуглавой мышцей регистрировалась устойчивая интерференционная кривая с 4,5 мес. Вероятность спонтанного восстановления во 2-м примере сохраняется, но в отличие от первого наблюдения оно неполное.

Рис. 8 иллюстрирует клинический пример тотального повреждения ПС с признаками отрыва корешка от спинного мозга. В первые 4,5 мес клинически не было зарегистрировано движения в конечности, что коррелировало с электрофизиологическими параметрами – ПДЕ не рекрутировались в надостной и подостной мышцах. При наблюдении в возрасте 7 мес удалось за-

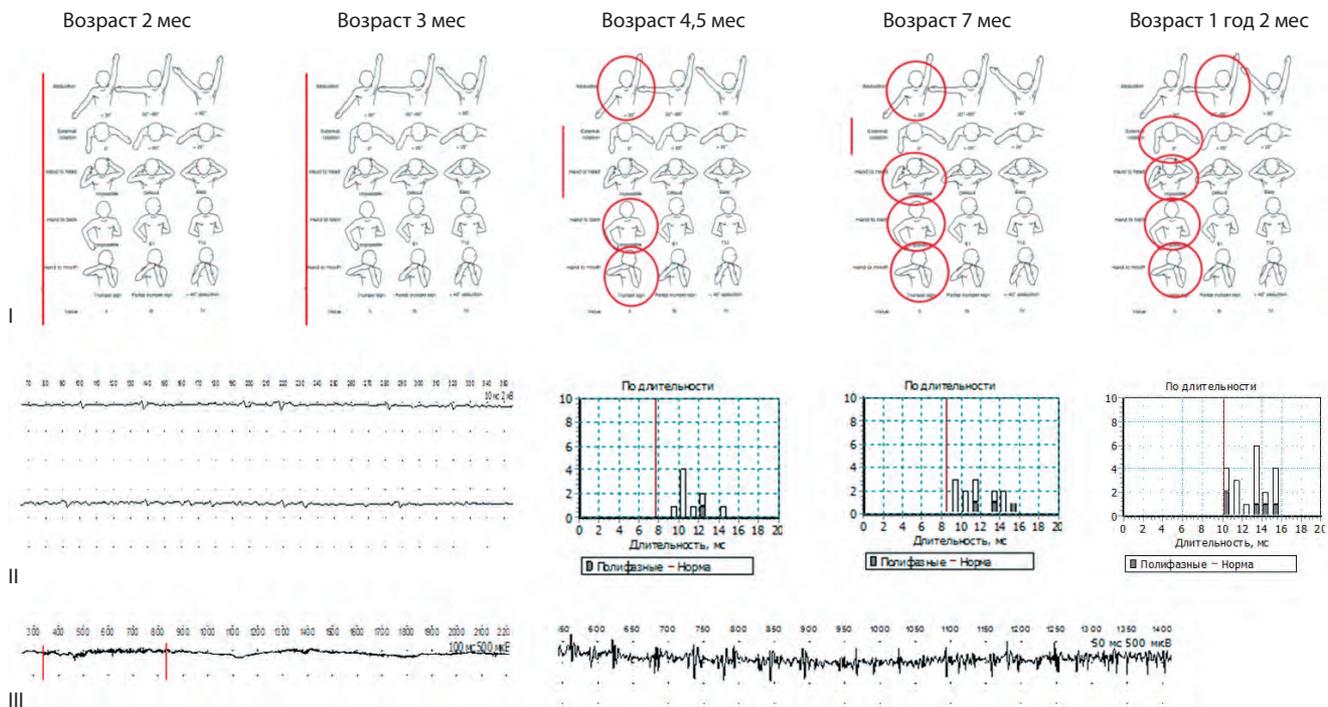


Рис. 7. Наблюдение за ребенком с аксонотмезисом (I – шкала Mallet, II – распределение средней длительности исследуемых ПДЕ, III – интерференционная кривая с двуглавой мышцы плеча (комментарий в тексте)

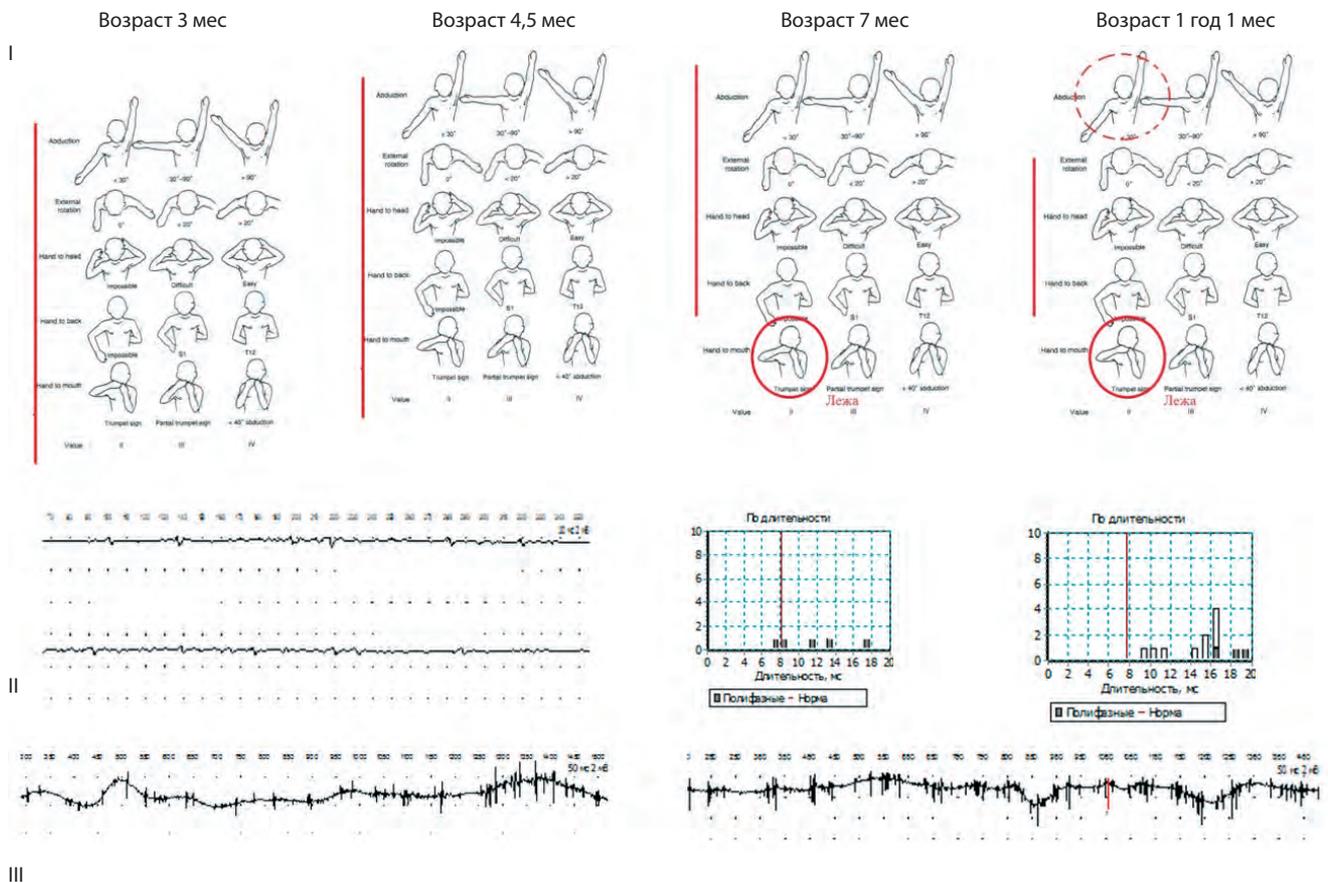


Рис. 8. Наблюдение за ребенком с отрывом корешка от спинного мозга (I – шкала Mallet; II – распределение средней длительности исследуемых ПДЕ; III – интерференционная кривая с двуглавой мышцы плеча)

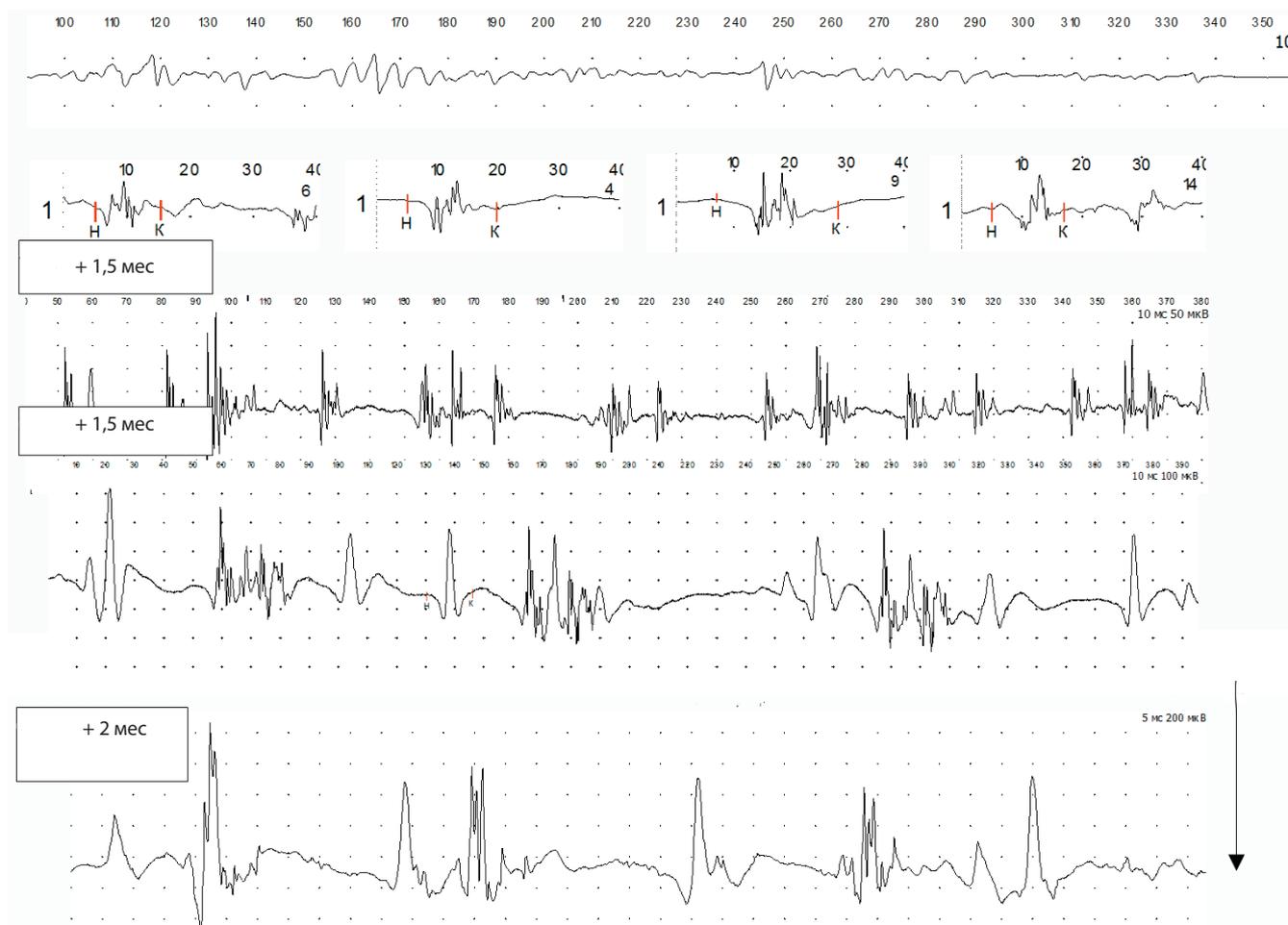


Рис. 9. Динамика изменения паттерна рекрутирования ПДЕ в подостной мышце до и после невротизации

регистрировать единичные, выражено полифазные, низкоамплитудные ПДЕ со значительно увеличенной длительностью. В дальнейшем количество рекрутированных ПДЕ увеличилось (рис. 9).

Таким образом, представленные наблюдения указывают на необходимость динамического электрофизиологического исследования у детей с АППС с целью регистрации признаков реиннервации — низкоамплитудных полифазных ПДЕ. Рекрутирование ПДЕ в надостной и подостной мышцах в ранний период (3–5 мес) с большой долей вероятности будет свидетельствовать о спонтанном восстановлении функции в будущем. Отсутствие ПДЕ в указанных мышцах (допускается регистрация отдаленных низкоамплитудных ПДЕ с трапециевидной мышцы) после 3 мес является косвенным свидетельством неполного восстановления, после 7 мес вероятность неполного восстановления значительно выше. Решение о проведении реконструктивных операций принимается хирургом на основании совокупности клинико-инструментальных данных, включающих прежде всего клинические признаки. В ряде случаев при проведении игольчатой ЭМГ надостной и подостной мышц целесообразно использовать УЗИ-контроль.

Дополнительную информацию может предоставить УЗИ невротомы — измерение ее величины. Вопрос о корреляции этого параметра с клинической картиной и данными ЭНМГ требует дополнительного углубленного изучения (рис. 10).

Клинический эффект успешной регенерации может снижаться за счет патологической иннервации (избыточная иннервация — *over innervation*). Регенерирующие аксоны могут прорасти в неверном направлении и достигают не соответствующей им зоны иннервации в органе-мишени, что приводит в наиболее выраженных случаях к симультанной (одновременной) иннервации агонистов и антагонистов, обуславливая феномен коконтракции. Опасность патологической иннервации особенно велика в тех случаях, когда при хирургическом лечении после полного разрыва нерва не удастся соединить соответствующие друг другу участки нервного пучка.

Феномен коконтракции — широко распространенное явление в восстановительном периоде травмы. Для измерения степени выраженности коконтракции мы используем усредненную амплитуду интерференционной кривой, записанной при двуканальном отве-



Рис. 10. Ультразвуковое (а) и МР-исследование (б) невромы у новорожденного ребенка

дении с мышц агонистов и антагонистов в сравнении с противоположной конечностью. Для исследования коконтракции при сгибании в локте наиболее целесообразно использовать двуканальное накожное отведение от двуглавой и трехглавой мышц спины (рис. 10); при наружной ротации руки – монополярное игольчатое отведение от надостной или подостной мышцы и широчайшей мышцы спины.

В норме средняя амплитуда интерференционной кривой мышцы-антагониста, по нашим данным, составляет до 5 % от амплитуды мышцы-синергиста. Для удобства мы выделили 3 степени коконтракции мышц в зависимости от величины указанного параметра: легкая степень – до 30 % средней амплитуды, умеренная – 30–50 %, выраженная – более 50 %. Хороший положительный клинический эффект при вы-

раженной коконтракции достигается инъекцией ботулотоксина с целью временной частичной денервации мышцы-антагониста.

При динамическом наблюдении за детьми после проведенной операции невротизации проводится оценка частоты рекрутирования ПДЕ, количества низкоамплитудных полифазных ПДЕ, наличия спонтанной активности, а также средней длительности 20 ПДЕ в разных точках мышцы. Мы оценили среднюю длительность ПДЕ у детей с АППС. Нами выделены 2 группы: в 1-й группе функция наружной ротации плеча по шкале Mallet составляла 4 балла ($n=8$), во 2-й группе – менее IV баллов ($n=12$). Средняя длительность ПДЕ, полученных в подостной мышце, в 1-й группе составила $10,2 \pm 2,3$ мс, во 2-й – $14,2 \pm 19$ мс, различий в значении средней амплитуды не выявлено.

На основании накопленного опыта нами разработан клинико-электрофизиологический алгоритм обследования детей с АППС (рис. 11). В случае обнаружения нейрофизиологических признаков отрыва моторного и сенсорного корешков спинного мозга при первом ЭНМГ-исследовании, необходимо дополнительно подтвердить данный факт референтными методами (КТ-миелография) (рис. 12). Выявление отрыва корешка от спинного мозга свидетельствует о плохом прогнозе восстановления функции и является показанием для реконструктивной микрохирургии. В случае отсутствия клинических и электрофизиологических признаков

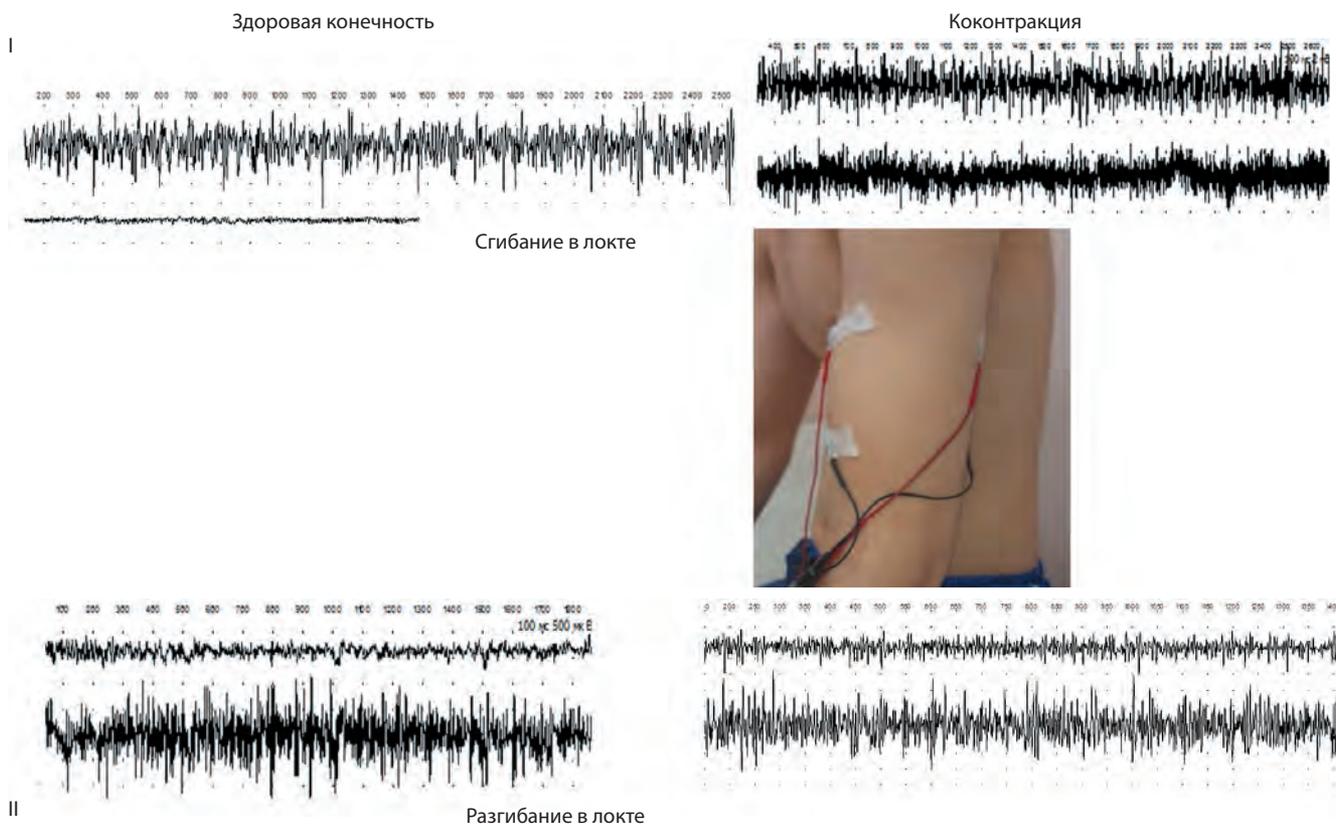


Рис. 11. Коконтракция трехглавой мышцы плеча при активном сгибании в локтевом суставе 75% (1-я кривая – двуглавая мышца плеча, 2-я кривая – трехглавая мышца плеча)

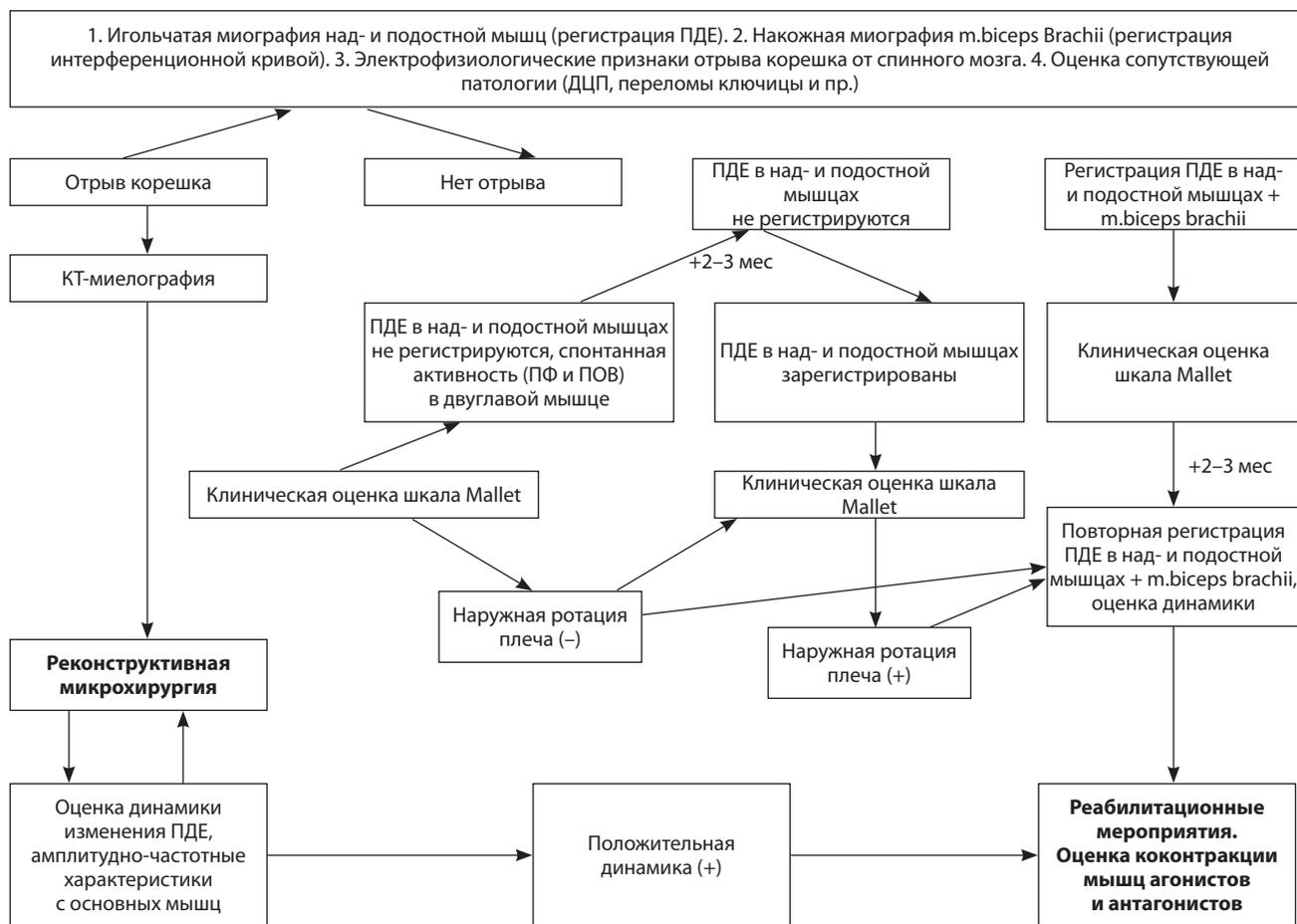


Рис. 12. Схема клиничко-электрофизиологического подхода к АППС при оценке восстановления наружной ротации плеча у детей с АППС. ПФ – потенциалы фибрилляций; ПОВ – положительные острые волны

отрыва при первом ЭНМГ- исследовании проводится ЭНМГ игольчатыми электродами надостной и подостной мышц. Отсутствие рекрутирования ПДЕ в подостной мышце у детей в возрасте до 6 мес является неблагоприятным признаком достаточного спонтанного восстановления функции руки и требует после клинической оценки по шкале Mallet проведения реконструктивной микрохирургии. Указанные мышцы осуществляют наружную ротацию плеча, восстановление которой является приоритетным. Вторым по значимости следует сгибание в локтевом суставе, для оценки которого проводится анализ интерференционной кривой с двуглавой мышцы плеча. В случае сохраненного рекрутирования ПДЕ в надостной и подостной мышцах требуется динамическое наблюдение через 3 мес.

Выводы

Подробный клинический осмотр специалистом, имеющим соответствующую подготовку, лежит в основе комплексной диагностики повреждения ПС у детей. Решение вопроса об оперативном лечении (невролиз и невротизация) детей с АППС принимается хирургом на основании только клинической карти-

ны: степени и скорости восстановления наружной ротации плеча и сгибания в локтевом суставе. Данные ЭМГ, отражающие степень денервационных изменений (выраженность спонтанной активности, отсутствие рекрутирования ПДЕ при игольчатой ЭМГ, «биоэлектрическое молчание» при накожном отведении) ключевых мышц, будут важным дополнением к клинической картине, но не являются основополагающими в принятии решения об оперативном лечении. Электрофизиологические критерии отрыва корешка от спинного мозга имеют меньшую чувствительность в сравнении с референтными методами (КТ-миелография). Динамическое наблюдение за пациентами с АППС после проведения реконструктивных операций позволяет объективизировать восстановление функций отдельных мышц, регистрировать процессы коллатерального спрутинга (полифазные, низкоамплитудные ПДЕ). В восстановительном периоде ЭМГ при многоканальном отведении позволяет определить степень выраженности патологической реиннервации (коконтракции мышц агонистов и антагонистов) для последующей коррекции движения в исследуемых мышцах.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Duchenne G.B.A. Del' electrification localise et deson Application a pathologie et a therapeutique. *JBBalliere* 1872;357–62.
2. Adler J.B., Patterson Jr R.L. Erb's palsy. Long-term results of treatment in eighty-eight cases. *J Bone Joint Surg (Am)* 1967;49(6):1052–64.
3. Bennet G.C., Harrold A.J. Prognosis and early management of birth injuries to the brachial plexus. *BMJ* 1976;1(6024):1520–1.
4. Boo N.Y., Lye M.S., Kanchanamala M., Ching C.L. Brachial plexus injuries in Malaysian neonates: incidence and associated risk factors. *J Trop Pediatr* 1991;37(6):327–30.
5. Bryant D.R., Leonardi M.R., Landwehr J.B., Bottoms S.F. Limited usefulness of fetal weight in predicting neonatal brachial plexus injury. *Am J Obstet Gynecol* 1998;179(3 Pt 1):686–9.
6. Eng G.D. Brachial plexus palsy in newborn infants. *Pediatrics* 1971;48(1):18–28.
7. Eng G.D., Koch B., Smokvina M.D. Brachial plexus palsy in neonates and children. *Arch Phys Med Rehabil* 1978;59(10):458–64.
8. Gilbert W.M., Nesbitt T.S., Danielsen B. Associated factors in 1611 cases of brachial plexus injury. *Obstet Gynecol* 1999;93(4):536–40.
9. Graham E.M., Forouzan I., Morgan M.A. A retrospective analysis of Erb's palsy cases and their relation to birth weight and trauma at delivery. *J Matern Fetal Med* 1997;6(1):1–5.
10. Gordon M., Rich H., Deutschberger J., Green M. The immediate and long-term outcome of obstetric birth trauma. I. Brachial plexus paralysis. *Am J Obstet Gynecol* 1973;117(1):51–6.
11. Greenwald A.G., Schute P.C., Shiveley J.L. Brachial plexus birth palsy: a 10-year report on the incidence and prognosis. *J Pediatr Orthop* 1984;4(6):689–92.
12. Hardy A.E. Birth injuries of the brachial plexus: incidence and prognosis. *J Bone Joint Surg (Br)* 1981;63B(1):98–101.
13. Levine M.G., Holroyde J., Woods Jr J.R. et al. Birth trauma: incidence and predisposing factors. *Obstet Gynecol* 1984;63(6):792–5.
14. McFarland L.V., Raskin M., Daling J.R., Benedetti T.J. Erb/Duchenne's palsy: a consequence of fetal macrosomia and method of delivery. *Obstet Gynecol* 1986;68(6):784–8.
15. Nocon J.J., McKenzie D.K., Thomas L.J., Hansell R.S. Shoulder dystocia: an analysis of risks and obstetric maneuvers. *Am J Obstet Gynecol* 1993;168(6 Pt 1):1732–7.
16. Perlow J.H., Wigton T., Hart J. et al. Birth trauma: a five-year review of incidence and associated perinatal factors. *J Reprod Med* 1996;41(10):754–60.
17. Salonen I.S., Uusitalo R. Birth injuries: incidence and predisposing factors. *Z Kinderchir* 1990;45(3):133–5.
18. Sjoberg I., Erichs K., Bjerre I. Cause and effect of obstetric (neonatal) brachial plexus palsy. *Acta Paediatr Scand* 1988;77(3):357–64.
19. Soni A.L., Mir N.A., Kishan J. et al. Brachial plexus injuries in babies born in hospital: an appraisal of risk factors in a developing country. *Ann Trop Paediatr* 1985;5(2):69–71.
20. Specht E.E. Brachial plexus palsy in the newborn. Incidence and prognosis. *Clin Orthop* 1975;110:32–4.
21. Tan K.L. Brachial palsy. *J Obstet Gynaecol Br Commonw* 1973;80(1):60–2.
22. Ecker J.L., Greenberg J.A., Norwitz E.R. et al. Birth weight as a predictor of brachial plexus injury. *Obstet Gynecol* 1997;89(5 Pt 1):643–7.
23. Evans-Jones G., Kay S.P., Weindling A.M. et al. Congenital brachial palsy: incidence, causes, and outcome in the United Kingdom and Republic of Ireland. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2003;88(3):F185–9.
24. Donnelly V., Foran A., Murphy J. et al. Neonatal brachial plexus palsy: an unpredictable injury. *Am J Obstet Gynecol* 2002;187(5):1209–12.
25. Gonen R., Bader D., Ajami M. Effects of a policy of elective cesarean delivery in cases of suspected fetal macrosomia on the incidence of brachial plexus injury and the rate of Cesarean and delivery. *Am J Obstet Gynecol* 2000;183(5):1296–300.
26. Walle T., Hartikainen-Sorri A.L. Obstetric shoulder injury. Associated risk factors, prediction and prognosis. *Acta Obstet Gynecol Scand* 1993;72(6):450–4.
27. Bager B. Perinatally acquired brachial plexus palsy – a persisting challenge. *Acta Paediatr* 1997;86(11):1214–9.
28. Gherman R.B. Increased cesarean delivery rate: no effect on brachial plexus palsy. *Am J Obstet Gynecol* 1998;179(5):1378–9.
29. Gilbert A., Khouri N., Carlioz H. Birth palsy of the brachial plexus – surgical exploration and attempted repair in twenty one cases. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1980;66(1) 33–42.
30. Metaizeau J.P., Gayet C., Plenat F. Les lesions obstetricales du plexus brachial. *Chir Pediatr* 1979;20:159–63.
31. Aszmann O.C., Winkler T., Korajk K. et al. The influence of GDNF on the time course and extent of motoneuron loss in the cervical spinal cord after brachial plexus injury in the neonate. *Neurol Res* 2004;26:212–8.
32. Korak K., Tarn S.L., Gordon T. et al. Changes in spinal cord architecture after brachial plexus injury in the newborn. *Brain* 2004;127:1488–95.
33. Bufalini C., Pescatori G. Posterior cervical electroneuromyography in the diagnosis and prognosis of brachial plexus injuries. *Bone Joint Sugg* 1969;1B:627–31.
34. Leffert R.D. Clinical diagnosis, testing, and electromyographic study in brachial plexus traction injuries. *CORR* 1988;237:24–31.
35. Balakrishnan G., Kadadi B.K. Clinical examination versus routine and paraspinale electromyographic studies in predicting the site of lesion in brachial plexus injury. *J Hand Surg Am* 2004;29(1):140–3.
36. Новиков М.Л., Торно Т.Э. Травматические повреждения плечевого сплетения и современные способы хирургической коррекции. Часть II. Тактика лечения повреждений плечевого сплетения. *Нервно-мышечные болезни* 2013;1:18–25.
37. Ferrante M.A., Wilbourn A.J. Electrodiagnostic approach to the patient with suspected brachial plexopathy. *Neurol Clin* 2002;20:423–50.
38. Buchthal F., Rosenfalck P., Guld C. Action potential parameters in different normal human muscles and their dependence on physical variables. *Acta Physiol Scand* 1954;93:15–30.
39. Матвеева Н.Ю., Еськин Н.А., Приписнова С.Г. Возможности ультразвукового исследования в диагностике повреждений и заболеваний периферических нервов верхней конечности. *Вестн травматол ортопед* 2008;82–8.
40. Meyer R.D. Treatment of adult and obstetrical brachial plexus injuries. *Orthopedics* 1986;9(6): 899–903.
41. Metaizeau J.P., Prevot J., Lascombes P. Obstetrical paralysis. Spontaneous development and results of early microsurgical treatment]. *Ann Pediatr (Paris)* 1984;31(2):93–102.
42. Waters P.M. Comparison of the natural history, the outcome of microsurgical repair, and the outcome of operative reconstruction in brachial plexus birth palsy. *J Bone Joint Surg (Am)* 1999;81(5):649–59.
43. Новиков М.Л. Травматические повреждения плечевого сплетения: современные способы хирургической коррекции. Часть I. Диагностика повреждений плечевого сплетения. *Нервно-мышечные болезни* 2012;4:19–27.
44. Terzis J.K., Novikov M.L. Radiological and electrophysiological detection of nerve roots avulsion in patients with birth-related brachial plexus paralysis. *Semin Plast Surg* 2005;19(1):24–41.
45. Smith S.J. The role of neurophysiological investigation in traumatic brachial plexus lesions in adults and children. *J Hand Surg (Br)* 1996;21:145–7.
46. Seddon H.J. Three types of nerve injuries. *Brain* 1943;66:238–88.
47. Sunderland S. *Nerves and nerve injuries*, 2nd ed. Churchill Livingstone, London, 1978.