

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2023

Фисенко Д.А.¹, Куренков А.Л.¹, Кузенкова Л.М.^{1,2}, Черников В.В.¹, Увакина Е.В.¹, Бурсагова Б.И.¹, Попович С.Г.¹

Нормативные показатели стимуляционной электромиографии у детей раннего возраста

¹ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, 119991, Москва, Россия;²Клинический институт детского здоровья имени Н.Ф. Филатова ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия

Введение. Электромиография (ЭМГ) — современный метод инструментальной нейрофизиологической диагностики, включающий две основные методики: стимуляционную ЭМГ и игольчатую ЭМГ. Показатели стимуляционной ЭМГ (электронейромиографии — ЭНМГ) применялись в ряде клинических исследований для оценки эффективности лечения у детей со спинальной мышечной атрофией (СМА) на фоне патогенетической терапии (нусинерсен). В России отсутствуют верифицированные нормативные показатели ЭНМГ у детей раннего возраста. В 2023 г. в нашей стране стартовал неонатальный скрининг на выявление пациентов с СМА, и сегодня всё шире применяется генная терапия данного заболевания, поэтому совершенствование методов инструментальной оценки динамики состояния на фоне лечения, в том числе с помощью ЭНМГ, актуально.

Цель исследования — определить нормативные параметры ЭНМГ у детей в возрасте 1–24 мес без неврологической патологии.

Материалы и методы. В исследование были включены 64 здоровых ребёнка: 21 — в возрасте 1–6 мес, 22 — 7–12 мес, 21 — 13–24 мес. ЭНМГ проводили с помощью 2-канального электронейромиографа «Нейро-МВП-Микро» при электрической стимуляции локтевого нерва и регистрации М-ответа с мышцы, отводящей 5-й палец кисти. Это позволило определить основные параметры негативного пика М-ответа: латентность, амплитуду и площадь, а также рассчитать скорость распространения возбуждения (СРВ) по дистальной части локтевого нерва. Полученные данные для каждого параметра подчинялись нормальному распределению и были представлены в виде среднего и стандартного отклонения ($M \pm SD$), минимального и максимального значения (min–max).

Результаты. В возрасте 1–6 мес амплитуда М-ответа составила $5,0 \pm 1,3$ (3,0–8,0) мВ, площадь М-ответа — $9,1 \pm 2,1$ (5,5–12,9) мсхмВ, латентность — $2,2 \pm 0,2$ (1,6–2,5) мс, СРВ — $37,5 \pm 5,4$ (27,5–48,9) м/с. В возрастном диапазоне 7–12 мес амплитуда М-ответа составила $6,2 \pm 1,3$ (3,8–9,3) мВ, площадь М-ответа — $11,7 \pm 3,0$ (6,5–18,6) мсхмВ, латентность — $2,0 \pm 0,2$ (1,4–2,4) мс, СРВ — $48,4 \pm 4,1$ (42,1–55,2) м/с. В возрастном диапазоне 13–24 мес амплитуда М-ответа составила $6,4 \pm 0,6$ (5,0–7,3) мВ, площадь М-ответа — $13,3 \pm 2,8$ (9,8–18,2) мсхмВ; латентность — $2,2 \pm 0,2$ (1,8–2,5) мс, СРВ — $52,6 \pm 3,8$ (41,8–57,3) м/с.

Заключение. Впервые получены нормативные параметры стимуляционной ЭНМГ у детей без неврологической патологии в возрасте 1–24 мес, что позволит объективизировать нейрофизиологические показатели при нервно-мышечных заболеваниях у детей раннего возраста.

Ключевые слова: стимуляционная электромиография; нормативные параметры; М-ответ; скорость распространения возбуждения; спинальная мышечная атрофия; генная терапия; нусинерсен; онасемноген абепарвовек

Для цитирования: Фисенко Д.А., Куренков А.Л., Кузенкова Л.М., Черников В.В., Увакина Е.В., Бурсагова Б.И., Попович С.Г. Нормативные показатели стимуляционной электромиографии у детей раннего возраста. *Неврологический журнал им. Л.О. Бадаляна* 2023; 4(4): 193–199 <https://doi.org/10.46563/2686-8997-2023-4-4-193-199> <https://elibrary.ru/bawhuc>

Для корреспонденции: Фисенко Дарья Андреевна — аспирант, врач-невролог Центра детской психоневрологии ФГАУ «НМИЦ здоровья детей», 119991, Москва. E-mail: fisenko.daria@mail.ru

Участие авторов:

Фисенко Д.А. концепция и дизайн статьи, написание текста, редактирование;
Куренков А.Л. концепция и дизайн статьи, написание текста, редактирование;
Кузенкова Л.М. концепция и дизайн статьи, редактирование;
Черников В.В. статистическая обработка данных;
Увакина Е.В. концепция и дизайн статьи, редактирование;
Бурсагова Б.И. концепция и дизайн статьи, редактирование;
Попович С.Г. концепция и дизайн статьи, редактирование.
Все соавторы утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Поступила 23.10.2023

Принята к печати 30.11.2023

Опубликована 28.12.2023

Daria A. Fisenko¹, Alexey L. Kurenkov¹, Lyudmila M. Kuzenkova^{1,2}, Vladislav V. Chernikov¹, Eugeniya V. Uvakina¹, Bella I. Bursagova¹, Sophia G. Popovich¹

Normative parameters of motor nerve conduction studies in infants

¹National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, 119991, Russian Federation;²N.F. Filatov Clinical Institute of Children's Health, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University), Moscow, 119991, Russian Federation

Introduction. Electromyography (EMG) is a modern method of instrumental neurophysiological diagnostics, which includes two main techniques as nerve conduction studies and needle EMG. Parameters of motor nerve conduction studies have been used in a number of clinical studies to evaluate the effectiveness of treatment in children with spinal muscular atrophy (SMA) during the use of pathogenetic therapy (nusinersen). Now, in our country there are no verified normative parameters of motor nerve conduction studies in infants. It is also worth saying that neonatal

screening for identifying SMA patients started in 2023 in our country, and currently gene therapy for this disease is increasingly used, so improving methods for instrumental assessment of the dynamics of the condition during treatment, including using EMG, is relevant.

Objective: to determine the normative parameters of motor nerve conduction studies in 1–6 months, 7–12 months, and 13–24 months infants without neurological pathology.

Materials and methods: The motor nerve conduction studies were carried out using a 2-channel electromyograph Neuro-MVP-Micro (Russia) with electrical stimulation of the ulnar nerve and registration of the compound muscle action potential (CMAP) from the abductor *digiti minimi* muscle. This made it possible to determine the main parameters of the negative peak of the CMAP — distal latency, amplitude and area, and calculate the motor nerve conduction velocity (MNCV) along the distal part of the ulnar nerve. The obtained data for each parameter were subject to normal distribution and presented in the form of mean and standard deviation ($M \pm SD$), minimum and maximum values (min – max).

Results: In the age range of 1–6 months, the amplitude of the CMAP (mV) was 5.0 ± 1.0 (3.0–8.0); CMAP area (ms·mV) — 9.1 ± 2.1 (5.5–12.9); distal latency (ms) — 2.2 ± 0.2 (1.6–2.5), MNCV (m/s) — 37.5 ± 5.4 (27.5–48.9).

In the age range of 7–12 months, the amplitude of the CMAP (mV) was 6.2 ± 1.3 (3.8–9.3); CMAP area (ms·mV) — 11.7 ± 3.0 (6.5–18.6); distal latency (ms) — 2.0 ± 0.2 (1.4–2.4), MNCV (m/s) — 48.4 ± 4.1 (42.1–55.2).

In the age range of 13–24 months, the amplitude of the CMAP (mV) was 6.4 ± 0.6 (5.0–7.3); CMAP area (ms·mV) — 13.3 ± 2.8 (9.8–18.2); distal latency (ms) — 2.2 ± 0.2 (1.8–2.5), MNCV (m/s) — 52.6 ± 3.8 (41.8–57.3).

Conclusion. For the first time, normative parameters of motor nerve conduction studies were obtained in 1–6, 7–12, and 13–24 months infants without neurological pathology. This will make it possible to objectify neurophysiological parameters in neuromuscular diseases in infants.

Keywords: motor nerve conduction studies; EMG; normative parameters; compound muscle action potentials; nerve conduction velocity; NCV; spinal muscular atrophy; SMA; gene therapy; nusinersen; onasemnogene abeparovvec

For citation: Fisenko D.A., Kurenkov A.L., Kuzenkova L.M., Chernikov V.V., Uvakina E.V., Bursagova B.I., Popovich S.G. Normative parameters of motor nerve conduction studies in infants. *Neurologicheskiy zhurnal imeni L.O. Badalyana* (L.O. Badalyan Neurological Journal). 2023; 4(4): 193–199. (In Russ.) <https://doi.org/10.46563/2686-8997-2023-4-4-193-199>
<https://elibrary.ru/bawhuc>

For correspondence: Daria A. Fisenko, MD, postgraduate student, neurologist of the Center of child psychoneurology, National Medical Research Center of Children's Health, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: fisenko.daria@mail.ru

Information about the authors:

Fisenko D.A.,	https://orcid.org/0000-0002-7893-1863
Kurenkov A.L.,	https://orcid.org/0000-0002-7269-9100
Kuzenkova L.M.,	https://orcid.org/0000-0002-9562-3774
Chernikov V.V.,	https://orcid.org/0000-0002-8750-9285
Uvakina E.V.,	https://orcid.org/0000-0002-8381-8793
Bursagova B.I.,	https://orcid.org/0000-0001-8506-2064
Popovich S.G.,	https://orcid.org/0000-0002-9697-500X

Contribution:

Fisenko D.A.	concept and design of the review, writing the text, editing;
Kurenkov A.L.	concept and design of the review, writing the text, editing;
Kuzenkova L.M.	concept and design of the review, editing;
Chernikov V.V.	statistical data processing;
Uvakina E.V.	concept and design of the review, editing;
Bursagova B.I.	concept and design of the review, editing;
Popovich S.G.	concept and design of the review, editing.

All co-authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of its final version.

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: October 23, 2023

Accepted: November 30, 2023

Published: December 28, 2023

Введение

Электронейромиография (ЭНМГ) — это комплексный диагностический подход, который объединяет несколько методов исследования [1]. Глобально выделяют тестирование произвольной мышечной активности накожными или игольчатыми электродами и исследование вызванной активности (стимуляционная ЭНМГ), для чего чаще всего применяют электрическую стимуляцию, которую легко чётко дозировать по интенсивности, длительности, частоте стимула, подбирая индивидуальные параметры для конкретного пациента. Использование ЭНМГ в клинической практике позволяет установить уровень и степень поражения периферического нейромоторного аппарата

(мышца, нервно-мышечная передача, периферический нерв, мотонейрон спинного мозга). При поражении периферического нерва можно также ответить на вопрос о том, какой тип поражения преобладает (демиелинизирующий или аксональный) и какой тип волокон страдает (двигательные или сенсорные) [2].

Для сравнения полученных результатов ЭНМГ-исследований пациентов с разными нервно-мышечными заболеваниями необходимы точные нормативные данные, полученные в разные возрастные периоды. Существует долгая история и значительный объём опубликованной литературы о нормальных значениях для исследований нервной проводимости у взрослых [3, 4]. Самые ранние попытки определить нормальные зна-

чения при исследовании нервной проводимости в педиатрической популяции относятся к 1960-м гг. [5, 6]. С тех пор был опубликован ряд других исследований [7–9]. Референтные значения для исследований нервной проводимости и игольчатой электромиографии у детей исторически было трудно определить в истинно здоровой когорте, поскольку дискомфорт от исследования, хотя и незначительный при стимуляционном тестировании, порождает этические проблемы, которые ограничивают возможность сбора таких данных в большом объеме.

Однако, несмотря на сложности, такие данные были собраны и обработаны, были получены таблицы скорости распространения возбуждения (СРВ) по двигательным волокнам периферических нервов и параметрам моторных ответов (М-ответ, F-волна, H-рефлекс), а также таблицы СРВ по чувствительным волокнам и параметрам чувствительных ответов [10]. Большая часть данных в этих исследованиях была представлена в виде средних значений со стандартными отклонениями; в этих случаях два стандартных отклонения от среднего значения использовались для определения верхней границы нормы для латентности ответов и нижних границ нормы в случае оценки амплитуды ответов или СРВ. При мононевропатиях также рассматривалась возможность сравнения параметров поражённой конечности с результатами тестирования, полученными на контралатеральной (непоражённой) стороне.

У детей старше 5 лет при проведении стимуляционной ЭМГ, как правило, были обнаружены нормальные значения в диапазоне взрослых, таким образом, значения в таблицах нормативных значений особенно варьируют от рождения ребёнка до 5-летнего возраста. В качестве общего эмпирического правила было определено, что нормальные значения СРВ у доношенного новорождённого примерно в 2 раза ниже, чем у взрослого, и они постепенно увеличиваются с возрастом ребёнка до 3–5 лет, когда достигают значений, характерных для взрослых.

Важно, что у детей младшего возраста значения дистальной латентности М-ответа имеют тенденцию следовать U-образной кривой. Это, скорее всего, связано с взаимным влиянием двух разнонаправленных факторов: формирующейся миелинизацией периферического нерва и увеличением расстояния между стимулирующим и регистрирующими электродами из-за роста ребёнка. Основываясь на результатах опубликованных исследований [8, 9, 11], можно утверждать, что средние значения амплитуды М-ответов у детей неуклонно повышаются с возрастом, но при этом максимальные значения стандартных отклонений имеют в первые годы жизни. Это приводит к значимому снижению расчётных ожидаемых минимальных амплитуд именно в течение первых лет жизни. Предполагается также, что чрезмерная двигательная активность малышей во время исследования может приводить к более высоким значениям стандартных отклонений.

Исследования на недоношенных детях показали самые низкие величины СРВ по двигательным волокнам (мСРВ) периферических нервов при наименьшем сроке гестации при рождении и ожидаемое их повышение с увеличением возраста ребёнка, хотя во многие исследования было включено небольшое число испытуемых. Так, в начале III триместра беременности мСРВ срединного нерва может составлять всего 9–11 м/с, что соответствует примерно трети от значений, которые наблюдаются у доношенных новорождённых [12]. В группе детей, родившихся до 34-й недели беременности, среднее значение мСРВ срединного нерва составило 15,56 м/с [13]. Среднее значение мСРВ локтевого нерва в группе, родившихся на 33–41-й неделе беременности, составило 20,2 м/с, а мСРВ малоберцового нерва — 19,1 м/с [14].

Среднее значение мСРВ срединного нерва у новорождённых детей составляет около 27 м/с [13]. Была попытка изучить влияние задержки роста на мСРВ. Результаты оказались противоречивыми. Используя вес ребёнка в качестве показателя зрелости, в специальном исследовании детей, родившихся на 33–41-й неделе, обнаружено, что мСРВ может коррелировать с весом при рождении [14]. Но этот вывод не был подтверждён в другом исследовании детей аналогичного возраста [12]. При сравнении недоношенных детей (средний возраст 34,6 нед) с доношенными, но незрелыми детьми (средний возраст 38,1 нед) были обнаружены ожидаемые различия: среднее значение мСРВ у недоношенных детей составило 18 м/с, у доношенных — 21 м/с. Причём вес при рождении в обеих группах значимо не различался и находился в пределах 1801–2100 г.

Толщина кожной складки предлагалась как ещё один параметр, который может быть лучшим показателем адекватности питания плода и его зрелости, чем вес ребёнка. R.O. Robinson и соавт. обнаружили значимую корреляцию между этим показателем и мСРВ при изучении 27 детей, родившихся в срок [15]. В другом исследовании обнаружили широкий разброс мСРВ у новорождённых с маленьким весом по отношению к сроку рождения, что позволило авторам предположить, что вклад миелинизации и питания на величину СРВ у этих детей может сильно различаться [16].

Существуют и другие различия между мСРВ у новорождённых и взрослых. Так мСРВ срединного, локтевого и малоберцового нервов были одинаковы (в среднем 27 м/с) при рождении, в отличие от взрослых, у которых мСРВ по нервам ног примерно на 10 м/с ниже [1, 17]. Сообщалось даже о ситуации, прямо противоположной, чем у взрослых, когда у ребёнка в возрасте 5 нед жизни мСРВ по малоберцовому нерву была больше, чем по срединному и локтевому нервам [18].

Существуют также различия между отдельными нервами в том, как они достигают распределения СРВ у взрослых. Миелинизация локтевого и малоберцового нервов происходит примерно одновременно, что

отражается на постепенном увеличении мСРВ по мере взросления в период младенчества. Это особенно верно в течение первых 6 мес жизни. Напротив, срединный нерв отстаёт в созревании, поэтому мСРВ значительно не увеличивается до тех пор, пока ребёнок не достигнет возраста 1–3 лет [6]. Уже в возрасте 3 лет значения мСРВ по локтевому нерву находятся в диапазоне нижних нормативных значений взрослых [18]. Затем в раннем детстве мСРВ по локтевому и срединному нервам продолжает увеличиваться, в то время как значения малоберцового нерва — нет. Разница мСРВ между локтевым и срединным нервами постепенно исчезает у детей к 4 или 5 годам. Процесс созревания периферических нервов сопровождается не только увеличением мСРВ, но и повышением величин дистальной латентности М-ответа и его амплитуды. По мере взросления ребёнка амплитуда М-ответа утраивается для нервов верхней конечности и удваивается для нервов нижней конечности.

Показатели стимуляционной ЭМГ не только являются критериями поражения периферических нервов при разных заболеваниях и служат основой для дифференциации отдельных форм полиневропатий, но также могут применяться для оценки динамики болезни и даже для контроля эффективности получаемой терапии. Так, амплитуда М-ответа применялась в ряде клинических исследований для оценки эффективности лечения у детей со спинальной мышечной атрофией (СМА) на фоне применения патогенетической терапии препаратом нусинерсен [19]. Однако в настоящее время в России отсутствуют верифицированные нормативные показатели стимуляционной ЭМГ у детей раннего возраста, поэтому определение таких показателей актуально. В 2023 г. в России стартовал неонатальный скрининг, направленный на выявление пациентов с СМА, и сегодня всё шире применяется генная терапия СМА, поэтому совершенствование методов инструментальной оценки, в том числе с помощью ЭНМГ, для верификации динамики состояния на фоне лечения крайне важно.

Цель исследования — определить нормативные параметры стимуляционной ЭМГ у детей без неврологической патологии в возрасте 2–6, 7–12 и 13–24 мес.

Материалы и методы

В исследование были включены 64 здоровых ребёнка (возраст по всей группе составил $9,92 \pm 6,19$ мес (95% ДИ 8,38–11,47), \min — 1,00, \max — 23,00. Пациенты были распределены на несколько возрастных групп:

- 1–6 мес — 21 ребёнок, средний возраст $3,05 \pm 1,69$ мес (95% ДИ 2,28–3,82), \min — 1,00, \max — 6,00;
- 7–12 мес — 22 ребёнка, средний возраст $9,55 \pm 1,97$ мес (95% ДИ 8,67–10,42), \min — 7,00, \max — 12,00;

- 13–24 мес — 21 ребёнок, средний возраст $17,19 \pm 2,93$ мес (95% ДИ 15,86–18,52), \min — 13,00, \max — 23.

ЭНМГ проводили с помощью 2-канального электронейромиографа «Нейро-МВП-Микро» с использованием стандартных биполярных одноразовых накожных электродов. Проводили тестирование двигательных волокон локтевого нерва, при этом регистрирующий электрод располагался над *hypothenar* в области проекции мышцы, отводящей 5-й палец кисти, референтный электрод — на 2-й фаланге 5-го пальца. Электрическую стимуляцию проводили в области проекции локтевого нерва 1 см проксимальнее запястья в нижней трети по внутреннему краю предплечья (1 точка) и в области локтя (2 точка). Это позволило определить основные параметры негативного пика дистального М-ответа (при стимуляции в первой точке) — латентность, амплитуду и площадь, а также рассчитать СРВ по двигательным волокнам дистальной части локтевого нерва — на предплечье.

Статистический анализ проводили с использованием программы «StatTech v. 3.1.10» («Статтех»). Количественные показатели оценивали на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро–Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова–Смирнова (при числе исследуемых более 50). Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывали с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD), 95% доверительного интервала (95% ДИ).

Сравнение групп по количественному показателю выполняли с помощью однофакторного дисперсионного анализа (F-критерий Фишера), апостериорные сравнения проводили с помощью критерия Тьюки (при условии равенства дисперсий).

Результаты

Основные параметры М-ответа мышцы, отводящей 5-й палец кисти, при электрической стимуляции локтевого нерва в области запястья и СРВ по двигательным волокнам локтевого нерва на предплечье представлены в **таблице**. Отмечено постепенное повышение амплитуды и площади М-ответа, а также мСРВ локтевого нерва с увеличением возраста детей. При оценке латентности М-ответа установлено, что наименьшие показатели отмечались в возрастном диапазоне 7–12 мес, в то время как в диапазонах 1–6 и 13–24 мес латентность была достоверно больше. Более того, обнаружены достоверные различия между всеми основными параметрами М-ответа в разные возрастные периоды.

Обсуждение

В представленной группе детей без неврологической патологии в целом и в каждой возрастной группе были определены нормативные параметры сти-

Значения латентности, амплитуды, площади М-ответа мышцы, отводящей пятый палец кисти, и скорости распространения возбуждения по локтевому нерву в области предплечья в возрасте 1–6, 7–12, 13–24 мес

Values of distant latency, amplitude, area of the CMAP from the abductor digiti minimi muscle of the hand, and of motor nerve conduction velocity (motor NCV) along the ulnar nerve in the forearm at the age of 1–6, 7–12, and 13–24 months

Группа Group		Латентность М-ответа, мс Distal latency of the CMAP (ms)	Амплитуда М-ответа, мВ Amplitude of the CMAP (mV)	Площадь М-ответа, мс×мВ CMAP area (ms·mV)	СРВ, м/с NCV (m/s)
1–6 мес (n = 21) 1–6 months (n = 21)	M ± SD (95% ДИ) M ± SD (95% CI)	2.2 ± 0.2 (2.1–2.3)	5.0 ± 1.3 (4.4–5.6)	9.1 ± 2.1 (8.2–10.0)	37.5 ± 5.4 (35.0–40.0)
	min	1.6	3.0	5.5	27.5
	max	2.5	8.0	12.9	48.9
7–12 мес (n = 22) 7–12 months (n = 22)	M ± SD (95% ДИ) M ± SD (95% CI)	2.0 ± 0.2 (1.9–2.1)	6.2 ± 1.3 (5.6–6.8)	11.7 ± 3.0 (10.4–13.1)	48.4 ± 4.1 (46.6–50.2)
	min	1.4	3.8	6.5	42.1
	max	2.4	9.3	18.6	55.2
13–24 мес (n = 21) 13–24 months (n = 21)	M ± SD (95% ДИ) M ± SD (95% CI)	2.2 ± 0.2 (2.1–2.2)	6.4 ± 0.6 (6.1–6.7)	13.3 ± 2.8 (12.1–14.6)	52.6 ± 3.8 (50.9–54.4)
	min	1.8	5.0	9.8	41.8
	max	2.5	7.3	18.2	57.3
<i>p</i>		< 0.001* P _{1–6 мес – 7–12 мес} = 0.003 P _{1–6 months – 7–12 months} = 0.003 P _{1–6 мес – 13–24 мес} < 0.001 P _{1–6 months – 13–24 months} < 0.001	< 0.001* P _{1–6 мес – 7–12 мес} = 0.003 P _{1–6 months – 7–12 months} = 0.003 P _{1–6 мес – 13–24 мес} < 0.001 P _{1–6 months – 7–12 months} < 0.001	< 0.001* P _{1–6 мес – 7–12 мес} = 0.006 P _{1–6 months – 7–12 months} = 0.006 P _{1–6 мес – 13–24 мес} < 0.001 P _{1–6 months – 13–24 months} < 0.001	< 0.001* P _{1–6 мес – 7–12 мес} < 0.001 P _{1–6 months – 7–12 months} < 0.001 P _{1–6 мес – 13–24 мес} < 0.001 P _{1–6 months – 13–24 months} < 0.001 P _{7–12 мес – 13–24 мес} = 0.009 P _{7–12 months – 13–24 months} = 0.009

муляционной ЭМГ, которые значимо изменялись с увеличением возраста детей, включённых в исследование.

В исследовании, проведенном Л.О. Бадаляном и И.А. Скворцовым, были представлены результаты только СРВ у детей раннего возраста, без возрастной оценки параметров М-ответов [20]. Динамика увеличения мСРВ в раннем возрасте, полученная в нашем исследовании, схожа с результатами Л.О. Бадаляна и И.А. Скворцова, но были проанализированы разные периферические нервы, поэтому сравнение данных не может быть корректным. Тем более, что для срединного нерва, включенного в исследование Л.О. Бадаляна и И.А. Скворцова, ранее было показана относительная задержка созревания именно у детей в возрасте до 3 лет [6].

Ещё в одном российском исследовании были представлены нормативные данные стимуляционной ЭМГ 20 здоровых детей (средний возраст 1 год 6 мес ± 7,9 мес) — 14 (70%) мальчиков и 6 (30%) девочек без неврологической симптоматики [21]. Невозможность сравнения результатов нашего исследования с данными этой работы связана с малой выборкой детей для получения нормативных данных

и представлением всех анализируемых параметров в целом по всей возрастной группе, без учёта их возрастной динамики в первые 2 года жизни.

Самыми близкими для сравнения с результатами, полученными в нашем исследовании, являются значения стимуляционной ЭМГ у детей раннего возраста, опубликованные в 2017 в монографии «Педиатрическая электромиография» [10]. Эти данные были получены при обобщении нескольких ранее выполненных исследований [8, 9]. Безусловным достоинством представленных данных этих исследований является чёткая возрастная динамика (0–1, 2–6, 7–12, 12–24 мес) основных параметров стимуляционной ЭМГ с указанием предполагаемых (рассчитанных) нормативов — верхней границы для дистальной латентности М-ответа, нижней границы для амплитуды М-ответа и для мСРВ. Представленные результаты нашего исследования позволяют не только оценивать средние значения каждого параметра с учётом его стандартного отклонения, но и представлять распределение большинства совокупных данных, а также диапазон от минимального и до максимального значения.

При оценке дистальной латентности М-ответа было обнаружено, что наименьшие показатели отмечались в возрастном диапазоне от 7 до 12 мес, в то время как в более раннем возрасте (1–6 мес) и более старшем возрасте (13–24 мес) значение этого параметра было достоверно выше. Это соответствует данным других исследований [8, 9] и может быть объяснено разнонаправленным влиянием двух факторов, которые в основном и определяют значения дистальной латентности у ребёнка раннего возраста: 1) возрастной миелинизацией периферических нервов, которая с возрастом обеспечивает увеличение СРВ по нерву и тем самым уменьшает латентность М-ответа; 2) ростом руки ребёнка, что приводит к увеличению расстояния между регистрирующим и стимулирующим электродами, что в свою очередь способствует увеличению латентности.

Таким образом, представленные результаты нашего исследования являются первой детальной комплексной оценкой данных стимуляционной ЭМГ при исследовании локтевого нерва у детей раннего возраста в нашей стране и могут применяться как нормативные показатели для сравнения с результатами ЭНМГ, полученными у детей аналогичного возраста с нервно-мышечными заболеваниями.

Заключение

Сравнение нормативных данных для каждой возрастной группы у детей раннего возраста с результатами стимуляционной ЭМГ у детей с разными нервно-мышечными заболеваниями позволит судить о динамике состояния пациентов как на фоне естественного течения болезни, так и при проведении патогенетического лечения (например, у пациентов с СМА). Сопоставление данных ЭМГ с клинической оценкой по шкалам развития моторных навыков позволит косвенно судить об эффективности проводимого патогенетического лечения и в дальнейшем способствовать разработке критериев эффективности патогенетической терапии у пациентов с СМА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Preston D.C., Shapiro B.E. *Electromyography and Neuromuscular Disorders: Clinical-Electrophysiologic-Ultrasound Correlations*. Philadelphia: Elsevier; 2021.
2. McMillan H.J., Kang P.B., eds. *Pediatric Electromyography: Concepts and Clinical Applications*. Cham: Springer; 2017.
3. Benatar M., Wu J., Peng L. Reference data for commonly used sensory and motor nerve conduction studies. *Muscle Nerve*. 2009; 40(5): 772–94. <https://doi.org/10.1002/mus.21490>
4. Chen S., Andary M., Buschbacher R., Del Toro D., Smith B., So Y., et al. Electrodiagnostic reference values for upper and lower limb nerve conduction studies in adult populations. *Muscle Nerve*. 2016; 54(3): 371–7. <https://doi.org/10.1002/mus.25203>
5. Gamstorp I. Normal conduction velocity of ulnar, median and peroneal nerves in infancy, childhood and adolescence. *Acta Paediatr*. 1963; 52(S146): 68–76. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.1963.tb05519.x>
6. Baer R.D., Johnson E.W. Motor nerve conduction velocities in normal children. *Arch. Phys. Med. Rehabil*. 1965; 46(10): 698–704.
7. Martinez A.C., Ferrer M.T., Conde M.C., Bernacer M. Motor conduction velocity and H-reflex in infancy and childhood. II. -Intra

- and extrauterine maturation of the nerve fibres. Development of the peripheral nerve from 1 month to 11 years of age. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol*. 1978; 18(1): 11–27.
8. Parano E., Uncini A., De Vivo D.C., Lovelace R.E. Electrophysiologic correlates of peripheral nervous system maturation in infancy and childhood. *J. Child Neurol*. 1993; 8(4): 336–8. <https://doi.org/10.1177/088307389300800408>
 9. Garcia A., Calleja J., Antolin F.M., Berciano J. Peripheral motor and sensory nerve conduction studies in normal infants and children. *Clin. Neurophysiol*. 2000; 111(3): 513–20. [https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(99\)00279-5](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(99)00279-5)
 10. Kang P.B. Normal values tables. In: McMillan H.J., Kang P.B., eds. *Pediatric Electromyography: Concepts and Clinical Applications*. Cham: Springer; 2017: 373–8.
 11. Cai F., Zhang J. Study of nerve conduction and late responses in normal Chinese infants, children, and adults. *J. Child. Neurol*. 1997; 12(1): 13–8. <https://doi.org/10.1177/088307389701200102>
 12. Cruz Martinez A., Ferrer M.T., Martin M.J. Motor conduction velocity and H-reflex in pretermatures with very short gestational age. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol*. 1983; 23(1-2): 13–9.
 13. Bhatia B.D., Prakash U., Singh M.N., Gupta S.K., Satya K. Electrophysiological studies in newborns with reference to gestation and anthropometry. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol*. 1991; 31(1): 55–9.
 14. Cerra D., Johnson E.W. Motor nerve conduction velocity in premature infants. *Arch. Phys. Med. Rehab*. 1962; 43: 160–4.
 15. Robinson R.O., Robertson W.C. Jr. Fetal nutrition and peripheral nerve conduction velocity. *Neurology*. 1981; 31(3): 327–9. <https://doi.org/10.1212/wnl.31.3.327>
 16. Schulte F.J., Michaelis R., Linke L., Nötle R. Motor nerve conduction velocity in term, preterm, and small-for-date newborn infants. *Pediatrics*. 1968; 42(1): 17–26.
 17. Gamstorp I., Shelburne S.A. Jr. Peripheral sensory conduction in ulnar and median nerves of normal infants, children, and adolescents. *Acta Paediatr. Scand*. 1965; 54: 309–13. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.1965.tb06376.x>
 18. Pitt M. *Paediatric Electromyography*. Oxford: Oxford University Press; 2018.
 19. De Vivo D.C., Bertini E., Swoboda K.J., Hwu W.L., Crawford T.O., Finkel R.S., et al. Nusinersen initiated in infants during the presymptomatic stage of spinal muscular atrophy: Interim efficacy and safety results from the Phase 2 NURTURE study. *Neuromuscul. Disord*. 2019; 29(11): 842–56. <https://doi.org/10.1016/j.nmd.2019.09.007>
 20. Бадалян Л.О., Скворцов И.А. Электронейромиографическая характеристика здорового человека. В кн.: Бадалян Л.О., Скворцов И.А. *Клиническая электронейромиография*. М.: Медицина; 1986: 112–34.
 21. Команцев В.Н., Моллаева К.Ю., Умаханова З.Р. Клинико-электронейромиографический алгоритм топической диагностики синдрома мышечной гипотонии у детей раннего возраста. *Доктор.Ру*. 2020; 19(9): 20–6. <https://doi.org/10.31550/1727-2378-2020-19-9-20-26> <https://elibrary.ru/mtaksx>

REFERENCES

1. Preston D.C., Shapiro B.E. *Electromyography and Neuromuscular Disorders: Clinical-Electrophysiologic-Ultrasound Correlations*. Philadelphia: Elsevier; 2021.
2. McMillan H.J., Kang P.B., eds. *Pediatric Electromyography: Concepts and Clinical Applications*. Cham: Springer; 2017.
3. Benatar M., Wu J., Peng L. Reference data for commonly used sensory and motor nerve conduction studies. *Muscle Nerve*. 2009; 40(5): 772–94. <https://doi.org/10.1002/mus.21490>
4. Chen S., Andary M., Buschbacher R., Del Toro D., Smith B., So Y., et al. Electrodiagnostic reference values for upper and lower limb nerve conduction studies in adult populations. *Muscle Nerve*. 2016; 54(3): 371–7. <https://doi.org/10.1002/mus.25203>
5. Gamstorp I. Normal conduction velocity of ulnar, median and peroneal nerves in infancy, childhood and adolescence. *Acta Paediatr*. 1963; 52(S146): 68–76. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.1963.tb05519.x>

6. Baer R.D., Johnson E.W. Motor nerve conduction velocities in normal children. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1965; 46(10): 698–704.
7. Martinez A.C., Ferrer M.T., Conde M.C., Bernacer M. Motor conduction velocity and H-reflex in infancy and childhood. II. -Intra and extrauterine maturation of the nerve fibres. Development of the peripheral nerve from 1 month to 11 years of age. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.* 1978; 18(1): 11–27.
8. Parano E., Uncini A., De Vivo D.C., Lovelace R.E. Electrophysiologic correlates of peripheral nervous system maturation in infancy and childhood. *J. Child Neurol.* 1993; 8(4): 336–8. <https://doi.org/10.1177/088307389300800408>
9. Garcia A., Calleja J., Antolin F.M., Berciano J. Peripheral motor and sensory nerve conduction studies in normal infants and children. *Clin. Neurophysiol.* 2000; 111(3): 513–20. [https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(99\)00279-5](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(99)00279-5)
10. Kang P.B. Normal values tables. In: McMillan H.J., Kang P.B., eds. *Pediatric Electromyography: Concepts and Clinical Applications*. Cham: Springer; 2017: 373–8.
11. Cai F., Zhang J. Study of nerve conduction and late responses in normal Chinese infants, children, and adults. *J. Child. Neurol.* 1997; 12(1): 13–8. <https://doi.org/10.1177/088307389701200102>
12. Cruz Martinez A., Ferrer M.T., Martin M.J. Motor conduction velocity and H-reflex in prematures with very short gestational age. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.* 1983; 23(1-2): 13–9.
13. Bhatia B.D., Prakash U., Singh M.N., Gupta S.K., Satya K. Electrophysiological studies in newborns with reference to gestation and anthropometry. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.* 1991; 31(1): 55–9.
14. Cerra D., Johnson E.W. Motor nerve conduction velocity in premature infants. *Arch. Phys. Med. Rehab.* 1962; 43: 160–4.
15. Robinson R.O., Robertson W.C. Jr. Fetal nutrition and peripheral nerve conduction velocity. *Neurology.* 1981; 31(3): 327–9. <https://doi.org/10.1212/wnl.31.3.327>
16. Schulte F.J., Michaelis R., Linke L., Notle R. Motor nerve conduction velocity in term, preterm, and small-for-date newborn infants. *Pediatrics.* 1968; 42(1): 17–26.
17. Gamstorp I., Shelburne S.A. Jr. Peripheral sensory conduction in ulnar and median nerves of normal infants, children, and adolescents. *Acta Paediatr. Scand.* 1965; 54: 309–13. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.1965.tb06376.x>
18. Pitt M. *Paediatric Electromyography*. Oxford: Oxford University Press; 2018.
19. De Vivo D.C., Bertini E., Swoboda K.J., Hwu W.L., Crawford T.O., Finkel R.S., et al. Nusinersen initiated in infants during the presymptomatic stage of spinal muscular atrophy: Interim efficacy and safety results from the Phase 2 NURTURE study. *Neuromuscul. Disord.* 2019; 29(11): 842–56. <https://doi.org/10.1016/j.nmd.2019.09.007>
20. Badalyan L.O., Skvortsov I.A. Electroneuromyographic characteristics of a healthy person. In: Badalyan L.O., Skvortsov I.A. *Clinical Electroneuromyography [Klinicheskaya elektroneyromiografiya]*. Moscow: Meditsina; 1986: 112–34. (in Russian)
21. Komantsev V.N., Mollaeva K.Yu., Umakhanova Z.R. A clinical electroneuromyography protocol for localization diagnosis of hypotonia syndrome in young children. *Doktor.Ru.* 2020; 19(9): 20–6. <https://doi.org/10.31550/1727-2378-2020-19-9-20-26> <https://elibrary.ru/mtaksx> (in Russian)