

Ю.Р. Зарипова¹, А.Л. Соколов², А.Ю. Мейгал³

Петрозаводский государственный университет
Детская республиканская больница, Петрозаводск
Родильный дом им. К.А. Гуткина, Петрозаводск

Активность двигательных единиц у здоровых детей на первом году жизни

В статье представлены сравнительные данные о параметрах активности двигательных единиц (ДЕ) у здоровых детей первого года жизни начиная с раннего неонатального возраста. Установлено, что для здоровых детей характерна нарастающая модуляция активности и паттернов ДЕ в зависимости от стадии созревания антигравитационных реакций в виде уменьшения пропорции «периодического» паттерна ДЕ и снижения частоты импульсации ДЕ.

Ключевые слова: двигательные единицы, электромиография, дети.

Контактная информация: Зарипова Юлия Рафаэлевна. E-mail: <mailto:julzar@mail.ru>

© Коллектив авторов, 2011

Двигательная система ребенка первого года жизни проходит своего рода «вертикализацию», повторяя филогенетические этапы развития от четвероногого и четверорукого состояния к полувертикальному с опорой на руки, затем к ходьбе на полусогнутых ногах и в конечном счете к свободной ходьбе с широко расставленными руками. Вертикализация отражает этапы созревания антигравитационной активности: подъем и удержание головки, освоение позы сидя, стояние с опорой, стояние без опоры и освоение ходьбы [1, 2].

Особенность первого года жизни – асинхронность созревания систем и функций (гетерохрония), избыточность реакций, наличие временных, впоследствии вытормаживающихся реакций [3]. Мы установили закономерности динамики нейромышечного статуса ребенка на первом году жизни по данным

интерференционной электромиограммы (иЭМГ) [4, 5]. Вместе с тем созревание элементарного звена двигательной системы – двигательных единиц (ДЕ) – исследовано недостаточно, особенно в неонатальном периоде. Единичные работы на эту тему в основном посвящены детям старше одного года. Нам представлялось принципиально важным использовать накожный метод регистрации потенциалов ДЕ, который неинвазивен [6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Все дети были распределены на шесть групп на основе классификации И.А. Аршавского [1]. В группу I вошли дети в возрасте до 1 мес (неонатальный возраст). Эта группа включала подгруппу Ia (ранний

Yu.R. ZARIPOVA, A.L. SOKOLOV, A.Yu. MEIGAL

Motor unit activity in healthy children during the first year of life

The paper presents comparative data about the motor unit (MU) parameters of healthy children in the first year of life starting from early fetal age. It is ascertained that typical for healthy children is increasing modulation of MU activity patterns according to the stage of maturation of antigravity reactions in the form of reduced ratio of «periodic» MU pattern and reduced MU impulse frequency.

Key words: motor units, electromyography, children.

неонатальный возраст – до 7 дней) и подгруппу I б (поздний неонатальный возраст – до 28 дней). Группу II составили дети, освоившие 1-ю антигравитационную реакцию (до 3 мес); группу III – дети, достигшие 6 мес (2-я антигравитационная реакция – поза сидя); группу IV – дети в возрасте до 9 мес (3-я антигравитационная реакция – стояние с опорой); группу V – дети, освоившие стояние без опоры (12 мес).

Детей в раннем неонатальном возрасте обследовали в Родильном доме им. К.А. Гуткина г. Петрозаводска с информированного согласия мам, разрешения Этического комитета при Минздравсоцразвития Республики Карелия, в присутствии врача-педиатра. Для регистрации потенциалов отдельных ДЕ использовали поверхностные биполярные электроды фирмы «Нейрософт» (Иваново, Россия). Заземляющий электрод обычно укрепляли в области нижней трети голени или прижимали рукой к коже ребенка, как и отводящие электроды. Соблюдали правила антисептики (протирали антисептиком и спиртом электроды, руки, переносный компьютер).

Усиление электромиографического сигнала проводили с помощью электромиографов «Нейро-МВП-4» и «Нейро-МВП-Микро» (ООО «Нейрософт», Иваново, Россия). Запись электромиограммы производили последовательно с четырех мышц верхних и нижних конечностей на жесткий диск для последующей обработки. Частота опроса АЦП – 20 КГц, полоса пропускания сигнала – 50–1000 Гц. Исследование детей более старшего возраста проводили в Детской республиканской больнице Республики Карелия по той же методике.

В ходе исследования обычно удавалось отчетливо различать на одной записи до 1–2 (максимум 3–4) ДЕ. Идентификацию ДЕ проводили по форме и амплитуде ее потенциала, а также по характерной частоте импульсации. В естественных условиях функционирования активность ДЕ обычно представляла собой серии последовательных разрядов различной длительности. Для установления вида функциональной зависимости средней частоты импульсации и среднего межимпульсного интервала ДЕ от массы тела и возраста использовали регрессионный анализ. Проанализированы следующие параметры, используемые при изучении любого импульсного процесса: средний межимпульсный интервал X (мс), средняя частота импульсации f (имп/с), вариабельность межимпульсных интервалов (σ , мс), которая представляет собой среднее квадратическое отклонение от X .

Исследование параметров импульсации отдельных ДЕ во время спонтанной моторной активности проводили с крупных мышц, имеющих подкожную локализацию: справа – трехглавая мышца плеча (*m. triceps brachii*) и двуглавая мышца плеча (*m. biceps*

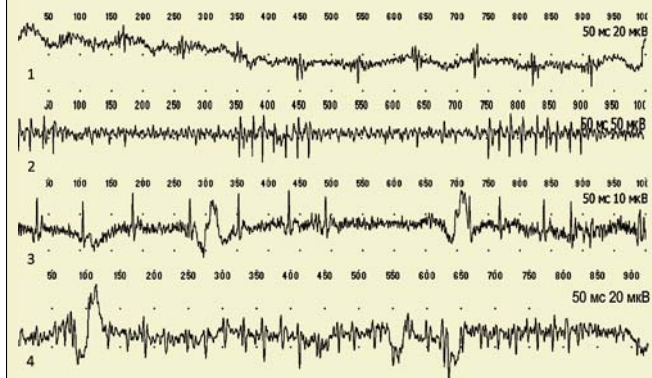
brachii); слева – икроножная мышца (*m. gastrocnemius*) и передняя большеберцовая мышца (*m. tibialis anterior*).

Статистическая обработка проведена с использованием программы Excel 2003. Для сравнения параметров импульсации ДЕ различных возрастных групп, а также здоровых детей и детей с СДН использовали двухвыборочный t -критерий для независимых выборок, для расчета корреляции – параметрический критерий Пирсона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

У здоровых детей получены импульсные последовательности 94 ДЕ. В группе I а удалось зарегистрировать активность 25 ДЕ. Самый ранний возраст, при котором сделана запись импульсации с различными потенциалами ДЕ, составил 32 мин жизни (график 1). Все ДЕ по характеру импульсации можно четко разделить на два паттерна. К первому относятся 18 из 24 ДЕ со стабильной импульсацией и относительно низкой частотой – этот паттерн обозначен нами как «стационарный». «Периодический» паттерн импульсации ДЕ ($n=6$; 25,0%) характеризуется группами разрядов (до 10–20 подряд) примерно с одинаковыми межимпульсными интервалами, включая первый и последний (график 1). Распределение ДЕ у детей первых дней жизни по межимпульсным интервалам было бимодальным: примерно половина ДЕ импульсировала в диапазоне >70 мс (6–14 имп/с), другая половина – в диапазоне <60 мс (16–50 имп/с) (график 4).

График 1
Паттерны импульсации двигательных единиц
детей первых дней жизни



Примечание: 1, 4 – «стабильные» ДЕ; 2 и 3 – «периодические» ДЕ

Таблица

Параметры импульсации двигательных единиц здоровых детей в возрасте до 1 года

Возрастная группа	Паттерн и количество ДЕ	Средний межимпульсный интервал X , мс, $\pm SD$	Средняя частота импульсации f , имп/с, $\pm SD$	Вариабельность импульсации σ , мс, $\pm SD$
I a (1-4 дня)	Стационарные (n=18)	80,60 \pm 23,14	15,46 \pm 6,56	8,28 \pm 4,42
	Периодические (n=6)	46,02 \pm 14,84	24,55 \pm 7,93	6,49 \pm 2,21
	Общая популяция (n=24)	71,95 \pm 25,30	17,73 \pm 7,74	8,02 \pm 3,89
I b (7-30 дней)	n=14 (общая популяция)	78,94 \pm 21,69	14,52 \pm 4,45	10,64 \pm 2,61
II (1-3 мес)	n=24 (общая популяция)	76,32 \pm 22,04	15,3 \pm 4,97	11,06 \pm 3,10
III (3-6 мес)	n=10 (общая популяция)	89,54 \pm 28,60	12,71 \pm 1,15	14,04 \pm 4,24
IV (6-9 мес)	n=7 (общая популяция)	96,78 \pm 9,94	10,48 \pm 1,02	16,91 \pm 3,28
V (9-12 мес)	n=14 (общая популяция)	84,43 \pm 16,52	14,16 \pm 0,95	13,00 \pm 3,47
I b-V (7 дней-12 мес)	Периодические (n=17)	52,56 \pm 15,25	20,70 \pm 5,42	6,50 \pm 2,00

График 2
Зависимость вариабельности от среднего межимпульсного интервала двигательных единиц трехглавой мышцы здоровых детей в возрасте 14 дней - 1 года

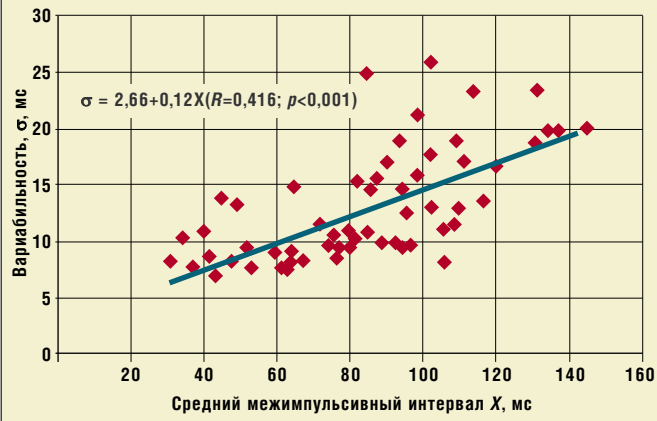


График 3
Зависимость вариабельности от среднего межимпульсного интервала двигательных единиц трехглавой мышцы ребенка в возрасте первых четырех суток жизни

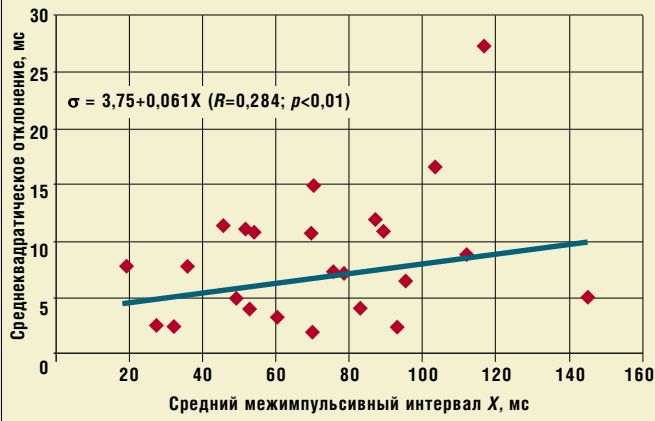
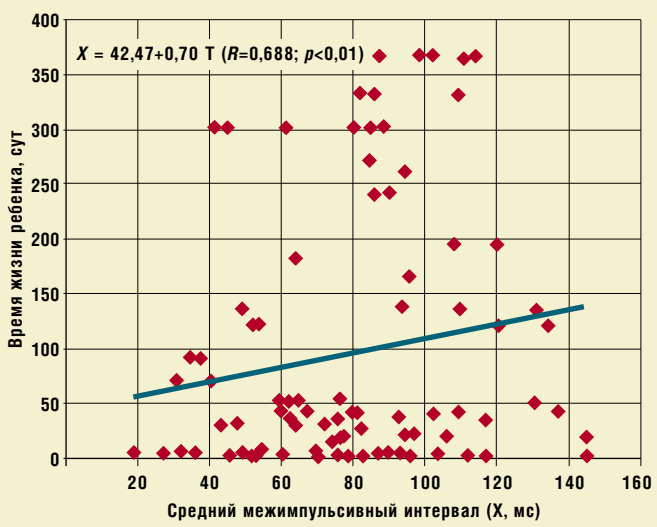


График 4
Зависимость среднего межимпульсного интервала ДЕ от возраста ребенка



У детей в возрасте от 7 до 90 дней зарегистрировано 7 «периодических» ДЕ (25,9%), в возрасте до 1 года – еще 6 подобных ДЕ (14,3% всех ДЕ). Частота разрядов «периодических» ДЕ примерно в 1,5–2 раза превышала частоту ДЕ, импульсирующих в стационарном режиме (табл.). Вариабельность импульсации ДЕ в разных возрастных группах не различалась, находясь в границах 5–15 мс. Наблюдалось достоверное увеличение вариабельности при увеличении межимпульсного интервала как у новорожденных, так и у детей в течение первого года жизни (графики 2, 3).

В целом можно констатировать постепенное уменьшение частоты импульсации ДЕ у детей в течение первого года жизни от 14–15 имп/с у новорожденных до 10–12 имп/с у детей в возрасте 1 года, что подтверждает достоверная отрицательная корреляция частоты импульсации с возрастом ($R=-0,416; p<0,01$). Наблюдалось также постепенное исчезновение бимодальности распределения межимпульсных интервалов ДЕ и замещение ее мономодальным распределением (график 4).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полученные данные о параметрах импульсации ДЕ детей первого года жизни позволяют сделать следующие выводы. Во-первых, у здоровых детей сразу после рождения наблюдаются два отчетливых паттерна импульсации – «стационарный» (75% всех ДЕ) и «периодический» (до 25% всех ДЕ у новорожденных), а также довольно высокая частота импульсации (до 35 имп/с), характерная для обоих паттернов (12–14 имп/с – для «стационарного»; до 35 имп/с – для «периодического» паттерна). «Периодический» паттерн можно считать характерной особенностью детского возраста, поскольку к окончанию первого года жизни пропорция этих ДЕ уменьшается, а у детей старше 1 года они не встречаются [7]. Особенности импульсации – высокая частота и короткие серии разрядов – позволяют отнести их к классу «быстрых» ДЕ.

Другая особенность этих ДЕ – стандартность межимпульсных интервалов в начале, середине и окончании серии разрядов – согласуется с данными, полученными в исследованиях на новорожденных крысах [3]. Авторы объясняют полученный феномен стандартности межимпульсных интервалов тем, что различие между пороговой и максимальной силой моносинаптического раздражения мотонейронов у новорожденных невелико, поэтому частота импульсации ДЕ сразу, без предварительной модуляции, выходит на максимальный уровень.

Известно, что для ребенка характерно преобладание фазных паттернов активности и соответственно паттернов интерференционной ЭМГ [7]. Вероятно, постепенная замена фазных паттернов активности на более тонические происходит у ребенка постепенно, по мере созревания тормозных механизмов в центральной нервной системе. Нейрофизиологической основой этого процесса может служить созревание тормозных мотонейронов, которое сопряжено с постепенной реализацией антигравитационных двигательных реакций [1, 2].

Важным подтверждением значения антигравитационной активности в наблюдаемой динамике двигательной активности и интерференционной ЭМГ является тот факт, что в течение первых нескольких суток жизни происходит разделение частотного континуума ДЕ на два диапазона – менее 14 и более 16 имп/с. Такое же разделение ДЕ на два диапазона отмечено после сухой иммерсии, моделирующей гипогравитационные условия, и после реальных космических полетов, то есть после невесомости [8].

ВЫВОДЫ

Согласно нашим данным, полученным при нелинейном анализе электромиограммы новорожденных детей, внутриутробное состояние плода практически идентично условиям иммерсии (гипогравитации) и может служить моделью невесомости [5]. В этой связи нам представляется возможным считать, что важным фактором созревания двигательной системы и динамики паттернов импульсации ДЕ является снятие эффекта иммерсии (гипогравитации) и постепенный переход двигательной системы под действие земной гравитации. Созревание антигравитационных систем приводит к вертикализации ребенка к окончанию первого года жизни.

Литература

1. Аршавский И.А. Принцип доминанты в индивидуальном развитии организма // Журнал высшей нервной деятельности, 1993, т. 43, № 4, с. 785–794.
2. Аршавский И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития. – М.: Наука, 1982.
3. Бурсиан А.В. Факторы, определяющие специфичность нервной деятельности в раннем онтогенезе // Успехи физиол. наук, 1993, т. 24, №2, с. 3–19.
4. Зарипова Ю.Р., Мейгал А.Ю., Соколов А.Л. Возможности накожной электромиографии как метода диагностики двигательных нарушений у детей // Медицинский академический журнал, 2005, т. 5, №2, прилож. 6, с. 147–154.
5. Мейгал А.Ю., Ворошилов А.С. Перинатальная модель перехода человека от гипогравитации к земной гравитации на основе нелинейных характеристик электромиограммы // Авиакосм. и экологич. медицина, 2009, т. 43, №6, с. 14–18.
6. Мейгал А.Ю., Кузьмина Г.И., Шигуева Т.А., Закирова А.З. Способ селективного отведения потенциалов действия двигательных единиц человека накожными электродами // Физиология человека, 2009, т. 35, №5, с. 104–108.
7. Мейгал А.Ю., Соколов А.Л., Лупандин Ю.В. Терморегуляционная активность двигательных единиц новорожденных и детей раннего возраста // Физиология человека, 1995, т. 21, № 4, с. 111–118.
8. Козловская И.Б. Гравитационные механизмы в двигательной системе // Современный курс классической физиологии / Под ред. Ю.В. Наточина и В.А. Ткачука. – СПб: ГЭОТАР-Медиа, 2007, с. 115–135.