

то величина снижения порога 3 дБ больше соответствующего исследования. Анализ ЛП пикно достоверное увеличение 0,25 мс; для n_2 также отмечено оно не достоверно ($p >$

ковую стимуляцию АР про- значительное нарастание ве- дента показала недостовер-

ного кохлеомиогенного по- тенциала:

ия, б — после воздействия. По- мя, мс, каждое деление 5 мс. амплитуда КМП. Каждое деле- ние 0,2 мкВ.

$>0,1$). Снижение порогов- ные и составляло в сред-

луховой системе, возникаю- и зарегистрированные с объективной регистраци- ния порогов восприятия то- ть равных по уровню зву- т увеличение величины ЛП учеными на первом этапе

г на интенсивный звуковой стемы лепи косточек сред- нергии, поступающей к ре- является меньшее снижение в КМП.

мо вызывали в озвучивае- исследуемых параметров. громкости двух постоянно- тивности АР при длитель-

щ импульсных звуковых ений величин ЛП КМП

одит к относительной ста- звуковой нагрузки. Это оценки защитной функции

епонки в механизме звуко- 2, с. 9—12.

ектрического раздражения фонные потенциалы улит-

(во иностр. лит., 1963.—

ниреба, 1978.—191 с.

ия аудиметрия с помощью ней, 1977, № 6, с. 24—28.

t muscle response in chil-

7. Duss V., Wilson S. J. The click-evoked post-auricular myogenic response in normal subjects. — *Electroencepholog. and Clin. Neurophysiol.* 1975, 39, N 5, p. 523—526.
8. Rossi G., Golero P., Penna M. Changes in stapedius reflex amplitude and latency following exposure to urban traffic noise. — *Acta otolaryngol.* 1976, Suppl. 339, p. 14—19.
9. Yoshie N., Okudaira T. Myogenic evoked potential responses to clicks in man. — *Ibid.*, 1969, Suppl. 252, p. 89—103.

Киев. Ин-т отоларингологии

Поступила 22.11.82

УДК 591.175—473:616.748.1

В. И. Табин, Н. А. Бойко

ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА У КРЫС С ВРОЖДЕННЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ КОНЕЧНОСТЕЙ

Сведения об электрофизиологических характеристиках мышц при врожденных деформациях опорно-двигательного аппарата свидетельствуют об их связи с нарушением нормальных анатомических соотношений. Однако конкретных сведений относительно механизма изменения электрической активности мышц в литературе не имеется. Ряд авторов [9, 15] предполагают, что при врожденных деформациях опорно-двигательного аппарата имеют место первичные структурные, ультраструктурные и биохимические изменения в нервных клетках и мышечных волокнах, которые вторично отражаются в электрической активности мышц. Высказывается мнение, что эти первичные поражения в нервной и мышечной системах играют определяющую (организующую) роль в развитии врожденных деформаций опорно-двигательного аппарата [3, 4].

Задача настоящего исследования состояла в том, чтобы в эксперименте проследить изменение структуры и функции эфферентной части нервно-мышечного аппарата в зависимости от характера и тяжести врожденных деформаций.

Методика исследований

Материалом для работы послужили белые крысы (*Rattus norvegicus* var. *albus*). Мы использовали методику воспроизведения врожденных деформаций, принятую другими исследователями [7]. Время введения 6-меркаптопурина (13 сут беременности) было выбрано с расчетом избирательного влияния на закладку скелета тазовых конечностей.

Объектом исследования послужили две мышцы: полусухожильная и длинная головка двуглавой мышцы бедра, являющаяся у крыс самостоятельной мышцей. Поскольку эти мышцы являются сложными, т. е. содержат несколько зон двигательных окончаний [8], для исследования избраны участки мышц, относящиеся к дистальным зонам двигательных окончаний. Мышечные волокна этой зоны двигательных окончаний длинной головки двуглавой мышцы бедра участвуют в разгибании конечности в коленном суставе, супинируют и отводят голень; мышечные волокна, относящиеся к дистальной зоне двигательных окончаний полусухожильной мышцы сгибают конечность в коленном суставе, пронируют и приводят голень. Таким образом, избранные участки длинной головки двуглавой мышцы и полусухожильной мышцы являются антагонистами.

Реакция указанных участков мышц изучена в зонах синаптических окончаний в ответ на одиночные и парные раздражения супрамаксимальными импульсами электрического тока длительностью 0,05 мс (интервалы между раздражениями 10—15 с) вентрального корешка пятого поясничного сегмента или нервных ветвей у входа в мышцу. Использовалось монополярное отведение. Кроме того, была исследована величина потенциала покоя указанных мышц с помощью микроэлектродной техники. Параллельно изучали топографию зон двигательных окончаний гистохимическим методом (реакция на ацетилхолинэстеразу). Внутримышечное распределение нервных ветвей исследовали методом макро-микропрепарирования тотально импрегнированных по Гольджи мышц.

Статистическую обработку полученных данных производили по Стьюденту. Характеристика использованного материала представлена в табл. 1.

Результаты исследований и их обсуждение

Из приведенных данных следует, что контрольная и опытная группа животных были в основном идентичными, за исключением различия в массе; животные с врожденными деформациями были меньше животных контрольной группы.

Клинически опытные животные отличались от здоровых сгибательной и приводящей установкой тазовых конечностей, уменьшением объема сгибательно-разгибательных движений и сильным ограничением отведения, резкой деформацией стоп с уменьшением количества пальцев и укорочением их. Рентгенологически у животных с врожденными деформациями отмечали недоразвитие седалищной и лонной костей, недоразвитие вертлужной впадины и головки бедренной кости, одно- или двусторонний вывих бедра, укорочение костных сегментов, искривление большеберцовой кости, редукцию или исчезновение малоберцовой кости, анкилоз и деформацию голеностопных суставов.

Таблица 1
Характеристика использованного материала по полу, возрасту и весу

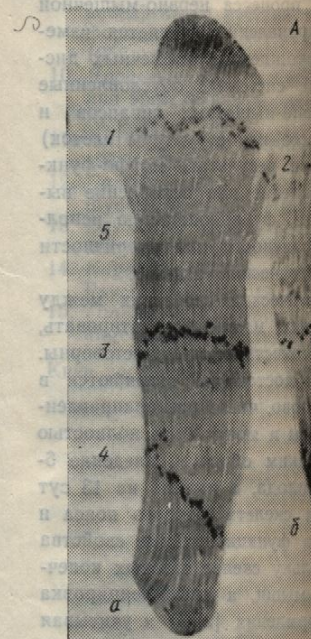
Метод исследования	Группа животных	Количество животных			Возраст, мес.	Масса, г
		всего	самцов	самок		
Внеклеточный	Контроль	28	10	18	$5,3 \pm 0,3$ $p \geq 0,05$	$232 \pm 9,3$ $p \leq 0,02$
	Опыт	36	20	16	$5,8 \pm 0,1$	$180 \pm 8,5$
Микроэлектродный	Контроль	12	6	6	$4,5 \pm 0,2$ $p \geq 0,05$	$195,8 \pm 9,1$ $p \geq 0,05$
	Опыт	13	9	4	$4,4 \pm 0,16$	$177,9 \pm 10,7$

Таблица 2
Сравнительная характеристика ответной реакции мышц на одиночные и парные раздражения

Электрофизиологический показатель	Полусухожильная мышца		Длинная головка двуглавой мышцы бедра	
	Контроль	опыт	Контроль	опыт
Синаптическая задержка, мс	$1,39 \pm 0,06$	$1,01 \pm 0,04$ $p \leq 0,001$	$1,39 \pm 0,18$	$1,21 \pm 0,05$ $p \geq 0,05$
Длительность потенциала действия мышцы, мс	$2,39 \pm 0,13$	$2,64 \pm 0,15$ $p \geq 0,05$	$2,22 \pm 0,14$	$2,04 \pm 0,10$ $p \geq 0,05$
Амплитуда потенциала действия мышцы мВ	$10,73 \pm 1,62$	$13,86 \pm 1,89$ $p \geq 0,05$	$14,37 \pm 1,72$	$12,19 \pm 2,26$ $p \geq 0,05$
Абсолютный рефрактерный период, мс	$1,01 \pm 0,002$	$1,07 \pm 0,06$ $p \geq 0,05$	$1,12 \pm 0,18$	$1,08 \pm 0,08$ $p \geq 0,05$
Относительный рефрактерный период, мс	$7,27 \pm 0,43$	$6,98 \pm 0,37$ $p \geq 0,05$	$6,94 \pm 0,36$	$6,25 \pm 0,30$ $p \geq 0,05$
Скорость проведения возбуждения в мышце, м/с	$3,73 \pm 0,35$	$3,88 \pm 0,33$ $p \geq 0,05$	$3,03 \pm 0,21$	$4,24 \pm 0,26$ $p \leq 0,002$

Как видно из табл. 2, по большинству электрофизиологических показателей мышцы контрольной группы и животных с врожденными деформациями конечностей не отличаются достоверно одна от другой. Исключением являются: уменьшение синаптической задержки в полусухожильной мышце; увеличение скорости проведения возбуждения в длинной головке двуглавой мышцы бедра; снижение амплитуды потенциала действия в длинной головке двуглавой мышцы у животных опытной группы.

Объяснение достоверности разности проведения возбуждения по мышце и их иннервации включала время внутримышечного проведения окончаний полусухожильной составила в среднем 0,4 мс. тазовых конечностей дистальнее.



Топография зон двигательной головки двуглавой мышцы
А: 1 — зона двигательных окончаний; 4 — дистальная зона двигательной; 5 — проксимальная

мышцы сближается со средним значением внутримышечных нервных проводимостей до нервно-мышечных соединений. В ряде случаев зоны двигательных физиологически было невозможно различить.

Большая скорость проведения возбуждения в длинной головке двуглавой мышцы бедра. Она состоит в том, что возбудительный импульс распространяется поперек этой мышцы по дистальному направлению (от проксимальной к дистальной) с большей скоростью, чем в контрольной мышце. Это явление, по-видимому, является одной из особенностей, так называемых быстрых и медленных мембранных потенциалов.

Величину мембранного потенциала в длинной головке двуглавой мышцы бедра в пиках. Статистически взвешенные значения мембранных потенциалов в мышцах контрольных и опытных животных.

ждение

опытная группа животных в массе; животные с врожденной группой. Мышцы сгибательной и приводящей сгибательно-разгибательной деформацией стоп с генологически у животных алициной и лонной кости, кости, одно- или двусторонние большеберцовой кости, и деформацию голенисто-

Таблица 1
у, возрасту и весу

Возраст, мес.	Масса, г
$3 \pm 0,3$	$232 \pm 9,3$
$p \geq 0,05$	$p \leq 0,02$
$8 \pm 0,1$	$180 \pm 8,5$
$5 \pm 0,2$	$195,8 \pm 9,1$
$p \geq 0,05$	$p \geq 0,05$
$4 \pm 0,16$	$177,9 \pm 10,7$

Таблица 2
на одиночные и парные

головка двуглавой мышцы бедра

Возраст, мес.	Опыт
$0,18$	$1,21 \pm 0,05$ $p \geq 0,05$
$0,14$	$2,04 \pm 0,10$ $p \geq 0,05$
$1,72$	$12,19 \pm 2,26$ $p \geq 0,05$
$0,18$	$1,08 \pm 0,08$ $p \geq 0,05$
$0,36$	$6,25 \pm 0,30$ $p \geq 0,05$
$0,21$	$4,24 \pm 0,26$ $p \leq 0,002$

гических показателей мышечных деформаций конечностей не являются: уменьшение скорости проведения возбуждения амплитуды потенциалов животных опытной группы.

Объяснение достоверности различий в длительности синаптической задержки и скорости проведения возбуждения может быть дано на основе анализа изменения структуры мышц и их иннервации. Длительность синаптической задержки в наших опытах включала время внутримышечного проведения возбуждения по нерву. Разница во внутримышечном проведении возбуждения до средней и дистальной зон двигательных окончаний полусухожильной мышцы, определенная нами для контрольных животных, составила в среднем 0,4 мс. Поскольку у животных с врожденными деформациями тазовых конечностей дистальная зона двигательных окончаний полусухожильной



Топография зон двигательных окончаний в полусухожильной мышце (А) и длинной головке двуглавой мышцы бедра (Б) контрольных (а) и опытных крыс (б). А: 1 — зона двигательных окончаний крестцовой головки; 2 — седалищной головки; 3 — средняя; 4 — дистальная зона двигательных окончаний; 5 — соединительнотканная перегородка. Б: 1 — проксимальная, 2 — дистальная зона двигательных окончаний.

мышцы сближается со средней зоной и даже сливается с ней, то это сокращает длину внутримышечных нервных ветвей, а следовательно, и время проведения возбуждения до нервно-мышечных синапсов приблизительно на величину разности времени проведения между двумя зонами у контрольных животных (см. рисунок, А — а, б, 4). В ряде случаев зоны двигательных окончаний настолько сближались, что разделить их физиологически было невозможно.

Большая скорость проведения возбуждения в дистальном участке длинной головки двуглавой мышцы бедра также может быть объяснена изменением структуры мышцы. Она состоит в том, что дистальная зона двигательных окончаний, из расположенной поперек этой мышцы у контрольных животных, вытягивается в проксимально-дистальном направлении (см. рисунок, Б — а, б, 2). В этом случае на истинную скорость распространения возбуждения вдоль мышечных волокон накладывается скорость проведения возбуждения по внутримышечным нервным ветвям, которая больше первой. Это явление, по-видимому, имеет место в перистых мышцах млекопитающих и, возможно, является одной из причин дифференцировки мышц млекопитающих на так называемые быстрые и медленные мышцы.

Величину мембранного потенциала (МП) исследовали в двух зонах каждой мышцы: в длинной головке двуглавой бедра — в проксимальной и дистальной зонах двигательных окончаний; в полусухожильной мышце — в средней и дистальной зонах. Статистически взвешенные средние величины МП не различались достоверно в мышцах контрольных и опытных животных ($p \geq 0,05$).

Несмотря на недостоверность различий в большей части электрофизиологических показателей в области нервно-мышечного соединения, общая картина электрической активности в различных участках двусуставных мышц (электромиотограмма) отличается от нормальной из-за иного характера интерференции потенциалов действия, распространяющихся от двух смежных зон двигательных окончаний, что ведет к изменению характера сокращения мышцы.

Из данных литературы [1, 11—14] известно, что при врожденных нервно-мышечных дистрофиях наблюдается в той или иной форме изменение амплитуды и длительности потенциала действия мышцы или нарушение процесса нервно-мышечной передачи. Однако отмечается, что наиболее частым их проявлением является изменение величины двигательных единиц. По-видимому, при врожденных мышечных дистрофиях на первичные изменения в нервной и мышечной системах, обусловленные функциональной неполноценностью нервных клеток, нервно-мышечных синапсов и мышечных клеток (вследствие нарушения обменных процессов или структуры клеток) накладываются изменения вторичного порядка, возникшие в результате морфо-функциональных дискорреляций, которые могут обусловить усиление или ослабление выполняемой функции, смену функции или, в крайнем случае, функциональную неполноценность органа или его части. Поэтому вопрос о первичности или вторичности изменений может также рассматриваться в сугубо хронологическом аспекте.

Суммируя сказанное о различиях в электрофизиологических свойствах между исследованными мышцами контрольных и опытных животных, можно констатировать, что в большинстве показателей выявленные различия статистически недостоверны. В тех случаях, когда электрофизиологические показатели достоверно отличаются в опытных группах от контрольных, они выражены неодинаково, чаще разнонаправленно, в полусухожильной и длинной головке двуглавой мышцы и могут быть полностью объяснены изменением топографии и структуры мышц. Таким образом, введение 6-меркаптопурина в относительно поздний период развития плода, а именно на 13 сут беременности у крыс, приводящее к резким деформациям скелета тазового пояса и тазовых конечностей, не оказывает первичного влияния на функциональные свойства мышечных волокон и нервно-мышечного соединения. Поскольку скелет тазовых конечностей закладывается в эмбриональном развитии раньше мышц, а дифференцировка структуры мышц происходит после ее анатомического оформления [2, 6] и учитывая возможность «переползания» мышц по скелету во время эмбрионального развития [5], отмеченные изменения ряда показателей следует считать вторичными, как результат реакции мышц на изменившиеся биомеханические условия вследствие перестройки костной системы. Гистометрические исследования мышц при врожденных деформациях также свидетельствуют о вторичном характере их поражения [10].

Выводы

1. Нарушение развития скелета конечностей при экспериментально вызванных деформациях не сопровождается первичными функциональными изменениями в нервно-мышечном аппарате.
2. Отмеченные отклонения в некоторых электрофизиологических показателях нервно-мышечного аппарата являются вторичными по отношению к изменившимся биомеханическим условиям и обусловлены адаптационными изменениями структуры мышц и их иннервации.

Список литературы

1. Гаусманова-Петрусевиц И. Мышечные заболевания. — Варшава: Пол. госмед. изд-во, 1971. — 440 с.
2. Данилова Л. В. К вопросу о развитии мускулатуры задней конечности у зародыша коровы (*Bos taurus*). — Тр. Ин-та морфологии животных им. А. Н. Северцова, 1960, вып. 29, с. 34—74.
3. Крышова Н. А. Изменение центральной нервной системы при врожденных деформациях опорно-двигательного аппарата у детей. — В кн.: VI науч. сессия ин-та им. Г. И. Турнера, Л., 1956, с. 209—213.
4. Новожилов Д. А., Бекоури Н. В. К патогенезу дисплазии тазобедренного сустава. — В кн.: IX науч. сессия Дет. ортопед. ин-та. Л., 1964, с. 82—83.

5. Попова-Латкина Н. В. уродств. — Докл. АН СССР.
6. Степанова М. П. Развитие Тр. Астрахан. мед. ин-та.
7. Стецула В. И., Меженни опорно-двигательного аппарата и протезирование мышц бедра крысы. —
8. Табин В. И. Особенности мышц бедра крысы. —
9. Фролова А. С. Клиническое обследование сустава при формационные материалы 1955, с. 113—116.
10. Ярошевская Е. Н. Гистология при врожденном вывихе бедра. № 9, с. 16—19.
11. Buchthal F. An Introduction 1957. — 43 p.
12. Campbell M. J., McComas myotonic. — J. Physiol., 1957, 107, 1.
13. Desmedt J. E. The physiological influence of motor innervation. — J. Neurophysiol., 1960, 23, 1.
14. Kugelberg E. Electromyography. — J. Neurophysiol., 1949, 12, N 1.
15. Tönnes D. Elektromyographische Untersuchung der angeborenen Hüftluxation. — Z. Orthop., 1955, 88, 1.

Киев. ин-т ортопедии

ти электрофизиологических (тая картина электрической электромиограмма) отличии потенциалов действия, окончаний, что ведет к изменению врожденных нервно-мышечного изменения амплитуды и длительности процесса нервно-мышечной проводимости является изменение врожденных мышечных дисков в системах, обусловленные нервно-мышечных синапсов и синапсов или структуры клеток) в результате морфо-функционального или ослабление выражения, функциональную неполноту вторичности или вторичности логическом аспекте.

В физиологических свойствах между первичными, можно констатировать, статистически недостоверны. Вторичные достоверно отличаются в развитии, могут быть разнонаправленными и могут быть полностью отсутствующими. Таким образом, введение 6-дневного эмбриона плода, а именно на 13 сут жизни скелета тазового пояса и его функциональные свойства уменьшаются. Вмешательство в развитие мускулатуры скелет тазовых конечностей приводит к дифференцировке мышц, а дифференцировка мышечной ткани при кормлении [2, 6] и учитывая влияние эмбрионального развития на формирование вторичными, как результаты вследствие перестройки мышечной системы при врожденных деформациях порождения [10].

экспериментально вызванных
ными изменениями в нерв-

физиологических показателях
отношению к изменившимся
изменениями структуры

Варшава : Пол. госмед. изд-во

адней конечности у зародыш.
ых им. А. Н. Северцова, 1960

кн.: VI науч. сессия ин-т

зии тазобедренного сустава. — 82—83.

5. Попова-Латкина Н. В. О механизмах возникновения врожденных аномалий и уродств. — Докл. АН СССР. Сер. биол., 1965, № 2, с. 493—496.
6. Степанова М. П. Развитие тазовых костей в эмбриональном периоде у человека. — Тр. Астрахан. мед. ин-та, 1961, вып. 2, с. 39—47.
7. Стецула В. И., Меженникова Е. П., Мижевич Т. В. Врожденные нарушения развития опорно-двигательного аппарата, вызванного 6-меркаптопурином. — Ортопедия, травматология и протезирование, 1970, № 12, с. 6—9.
8. Табин В. И. Особенности распространения потенциалов действия в двусуставных мышцах бедра крысы. — Физиол. журн. СССР, 1971, 51, № 9, с. 1387—1393.
9. Фролова А. С. Клиническая и физиологическая характеристика основных мышц тазобедренного сустава при врожденном вывихе бедра. — В кн.: Методические информационные материалы по ортопедии и травматологии детского возраста. Л., 1955, с. 113—116.
10. Ярошевская Е. Н. Гистометрическая характеристика мышц тазобедренного сустава при врожденном вывихе бедра. — Ортопедия, травматология и протезирование, 1981, № 9, с. 16—19.
11. Buchthal F. An Introduction to Electromyography. — KØ—benhavn; Stockholm; Oslo, 1957.—43 p.
12. Campbell M. J., McComas A. J., Sica R. An electrophysiological study of dystrophias myotonic. — J. Physiol., 1970, 209, N 1, p. 28—29.
13. Desmedt J. E. The physio-pathology of neuromuscular transmission and the trophic, influence of motor innervation. Amer. J. Physiol., 1959, 38, N 6, p. 248—261.
14. Kugelberg E. Electromyography in muscular dystrophies.—J. Neurol., Neurosurg., Psychiatry, 1949, 12, N 1, p. 129—136.
15. Tönnis D. Elektromyographische und histologische untersuchungen Zur Frage der angeborenen Hüftluxation. — Z. F. Orthopädie, 1969, 105, N 4, s. 527—552.

Киев. ин-т ортопедии

Поступила 15.06.82