

ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ МЫШЦ НА ТЕТАНИЧЕСКОЕ РАЗДРАЖЕНИЕ ПРИ ВРОЖДЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЯХ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

При экспериментально вызванных врожденных деформациях тазовых конечностей у животных было показано [4], что в ответ на одиночные и парные раздражения длительность потенциала действия мышцы (ПД), амплитуда ПД, абсолютный и относительный рефрактерный периоды не различаются достоверно в опытной и контрольной группах. Статистически достоверные различия отмечаются в скорости проведения возбуждения в мышце и в длительности синаптической задержки. Эти различия были объяснены изменением структуры мышц и их иннервации.

Мы изучали специфику ответной реакции мышц с измененной структурой и иннервацией в условиях ритмического раздражения. В качестве теста для испытания был избран метод оценки лабильности нервно-мышечного аппарата [1, 2, 5].

Методика. Методика воспроизведения врожденных деформаций тазовых конечностей у белых крыс была аналогична ранее описанной [4]. Опыты проведены на полусухожильной мышце белых крыс. После каждого эксперимента на серийных продольных срезах проводилась идентификация зон двигательных окончаний (реакция на ацетилхолин-эстеразу). Была изучена реакция мышцы в зонах двигательных окончаний крестцовой головки, средней и дистальной зонах (рис. 1). Для того чтобы исследовать функциональные свойства неутомленного препарата, использовали серию импульсов (20), наносимых с интервалом 5—10 с. Изучали ответные реакции мышц на частотах раздражения от 20 до 1000/с. В диапазоне частот от 20 до 400/с ответную реакцию мышцы исследовали через каждые 20 Гц, далее через каждый 50 Гц. Всего исследовано 19 мышц — 10 от опытных и 9 от контрольных животных. В начале каждого эксперимента на одиночные и парные раздражения определяли скрытый период возникновения ПД, длительность и амплитуду ПД с учетом первой и второй его фаз, абсолютный и рефрактерный периоды. Достоверных различий между этими показателями в опытной и контрольной группах животных не выявлено, однако наблюдалась тенденция к уменьшению длительности скрытого периода в дистальной зоне двигательных окончаний и в зоне крестцовой головки ($p=0,890$ и $0,872$ соответственно).

Результаты и обсуждение. При низких частотах раздражения (20/с) ПД мышцы во всех зонах двигательных окончаний в контрольной и опытной группах оказывались одинаковыми по амплитуде от начала и до конца раздражающей серии импульсов. При увеличении частоты раздражения (до 50—80/с) в ряде случаев амплитуда ПД мышцы увеличивалась до 2—4 ПД. В большинстве же препаратов наблюдалось снижение амплитуды ПД, начиная со второго раздражающего импульса в серии, причем все последующие ПД были одинаковы по амплитуде. Начиная с частоты раздражения 180—240/с, происходит снижение амплитуды с 1 до 20 ПД (рис. 1). Это снижение амплитуды в средней и дистальной зонах двигательных окончаний мышцы у животных опытной и контрольной групп протекает аналогичным образом и статистически достоверно не различается (см. таблицу). То же самое наблюдается и для зоны двигательных окончаний крестцовой головки, хотя здесь для некоторых частот раздражения имеются достоверные или близкие к ним различия. В трех мышцах опытных животных, выделяемых нами в отдельную группу, физиологическим путем не удалось отдифференцировать среднюю и дистальную зоны двигательных окончаний друг от друга. Топография этих зон двигательных окончаний, выявленная гистохимическим методом, обнаружила их тесное сближение, вплоть до образования одной зоны (рис. 1, В). В этой группе падение амплитуды ПД к концу серии раздражения происходило быстрее — на частоте 220/с на 20 раздражение мышца не отвечает потенциалом действия (см. таблицу).

Снижение амплитуды потенциала действия при повышении частоты раздражения связано с увеличением деполяризации мембраны мышечных волокон, вследствие чего не все мышечные волокна могли быть возбуждены или в них возникали «абсортинные», нераспространяющиеся ПД со сниженной амплитудой. Одинаковый характер снижения амплитуды ПД с увеличением частоты раздражения свидетельствует об отсутствии первичных нарушений структуры и функции мышечных волокон. Снижение ответа на ритмическое раздражение в случае сближения двух зон двигательных окончаний может быть объяснено взаимодействием потенциалов действия двух различных групп мышечных волокон [3, 4].

Амплитуда 20 ПД, мВ

Частота раздраже- ний в с		Зоны двигательных окончаний						
		Крестцовой головки		Средняя		Дистальная		Средняя+дис- тальная
		$M \pm m$	p	$M \pm m$	p	$M \pm m$	p	$M \pm m$
20	К	14,63±1,25	≥0,05	11,28±1,18	≥0,05	12,04±2,26	≥0,05	13,84±5,35
	О	12,71±2,08		15,36±2,26		13,80±1,98		
50	К	13,54±1,23	≥0,05	8,63±1,44	≥0,05	9,48±1,88	≥0,05	10,85±4,76
	О	10,72±1,86		13,27±2,36		12,90±1,76		
80	К	11,95±1,21	≥0,05	7,86±0,91	≥0,05	8,80±2,20	≥0,05	11,44±5,69
	О	9,90±1,76		12,34±2,27		11,00±1,76		
100	К	11,56±1,33	≥0,05	7,89±0,85	≥0,05	8,68±1,71	≥0,05	9,47±5,03
	О	8,73±2,02		10,53±1,73		9,93±1,68		
120	К	11,10±1,29	≥0,05	7,24±0,85	≥0,05	7,09±0,94	≥0,05	8,68±4,63
	О	8,69±1,89		11,20±1,99		9,37±1,83		
140	К	10,53±1,52	≥0,05	7,96±1,18	≥0,05	5,86±0,93	≥0,05	8,99±2,32
	О	5,82±1,52		9,83±1,80		10,07±1,67		
160	К	10,14±1,30	≥0,05	6,93±0,93	≥0,05	6,88±1,35	≥0,05	8,12±3,48
	О	6,64±1,28		8,22±1,60		9,02±1,46		
180	К	9,75±1,59	≥0,05	6,05±0,87	≥0,05	5,58±1,25	≥0,05	5,51±9,87
	О	5,70±1,00		7,11±1,31		7,91±1,22		
200	К	9,74±1,41	≤0,01	5,62±0,96	≥0,05	5,97±1,23	≥0,05	3,48
	О	4,51±0,78		6,18±1,27		7,36±1,36		
220	К	9,02±1,35	≥0,05	5,23±1,18	≥0,05	5,30±0,94	≥0,05	—
	О	4,50±0,61		4,32±1,27		6,65±1,48		
240	К	6,98±1,81	≥0,05	5,26±0,83	≥0,05	6,09±1,18	≥0,05	—
	О	0,03±0,59		4,82±1,45		5,11±1,23		
260	К	6,47±1,16	≥0,05	3,78±0,93	=0	4,63±0,80	≥0,05	—
	О	2,42±0,64		3,83±0,76		5,51±0,64		
280	К	—	—	—	—	4,01±0,73	≥0,05	—
	О	—				3,10±0,22		

Последующее увеличение частоты раздражения ведет к тому, что ритм ПД мышц не соответствует ритму раздражающих импульсов, возникает явление трансформации ритма. Из графиков (рис. 2) видно, что явление трансформации ритма протекает аналогичным образом в мышцах контрольных животных и животных с врожденными деформациями тазовых конечностей. Статистическая обработка не выявила достоверных различий трансформации ритма. Таким образом, лабильность (наибольший воспроизводимый ритм раздражения) мышц здоровых и опытных животных является одинаковой. Несколько иная картина наблюдается в мышцах, зоны двигательных окончаний которых сильно сближены. Трансформация ритма здесь начинается на частоте 280/с и до частоты 450/с идет гораздо интенсивнее, чем в отдельных зонах. При частотах раздражения выше 450/с степень трансформации ритма во всех зонах протекает одинаково.

Лабильность в разных зонах двигательных окончаний в одной мышце различна. Так, наступление трансформации ритма в зоне двигательных окончаний крестцовой головки начинается при частотах раздражения 280/с, в средней зоне при частоте раздражения 320/с, а в дистальной зоне — только при частотах 380/с и выше (рис. 2).

В проведенных экспериментах наблюдались значительные колебания характера, величины и знака плато, развивающегося в ответ на тетаническое раздражение частотой 50/с и выше. Величина плато определяется характером суммации синаптических потенциалов (ПКП), а также пассивной деполяризацией мембраны мышечных волокон вследствие процесса возбуждения по мышечным волокнам от синаптической зоны и электротоническими влияниями с возбужденных мышечных волокон, относящихся к смежной зоне синаптических окончаний. Комбинации последних двух факторов при различной топографии зон двигательных окончаний могут быть различными, что, по-видимому, и обуславливает большую вариабельность характера, высоты и знака плато.

Таким образом, исследованием электрофизиологических характеристик полусухожильной мышцы бедра белой крысы в норме и при врожденных деформациях тазовых конечностей установлено, что лабильность мышцы и ряд других показателей при ритмическом раздражении не отличаются достоверно в опытной и контрольной группах животных. Однако, при наличии перестройки мышцы, выражающейся в сближе-

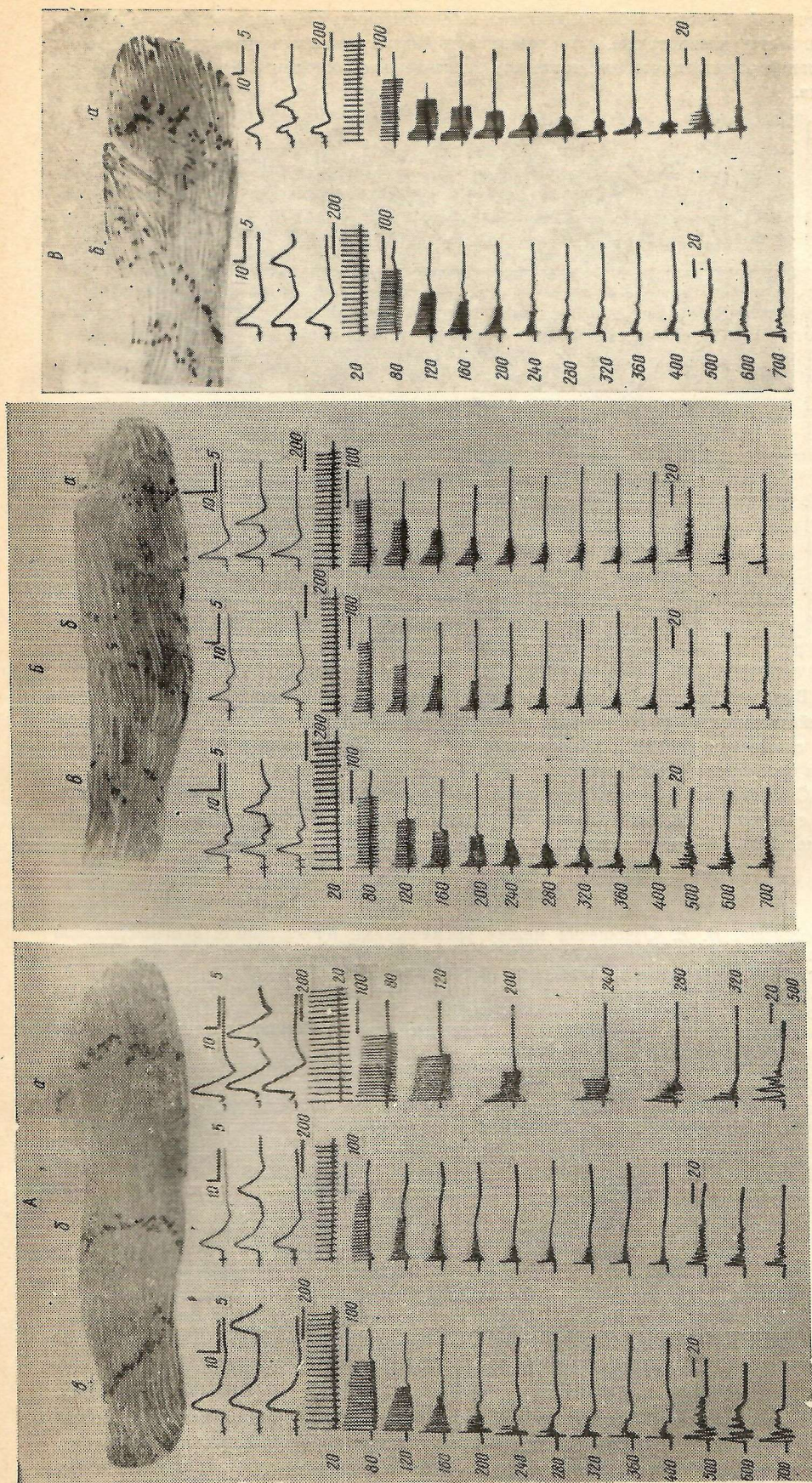


Рис. 1. Топография зон двигательных окончаний и ответные реакции полусухих мышечных на одиночные, парные и ритмические раздражения у нормальных животных (а), у животных с врожденными деформациями тазовых конечностей (б) и у опытных животных при близком расположении средней и дистальной зон двигательных окончаний (в).

а — зона двигательных окончаний крестцовой головки, б — средняя, в — дистальная зона двигательных окончаний. Цифры по вертикали — частота раздражений в 1 с. Калибровка амплитуды — в мВ, калибровка времени — в мс.