

Е. К. ЖУКОВ и Л. И. ЛЕУШИНА

«ПЕРЕХОДНЫЕ» МЫШЕЧНЫЕ ВОЛОКНА

(Представлено академиком Л. А. Орбели 17 VII 1948)

В предыдущем сообщении (¹) мы показали, что из *m. ileofibularis* лягушки можно выделить одиночные мышечные волокна, отличающиеся друг от друга по своим сократительным свойствам. Одни из этих волокон (изолированные из боковых частей мышцы) способны обеспечить тетаническое сокращение, другие (выделенные из центрального пучка) — тонус мышцы. Однако оказалось, что отличия сократительных свойств у обоих видов волокон имеют не качественный характер; они скорее являются результатом количественных особенностей. Так например, одной из таких особенностей, определяющей целый ряд характерных черт тонуса, является меньшая функциональная подвижность тонического волокна — малая скорость сократительного акта и наличие длительных следовых изменений.

Неспособность тонических волокон к сокращениям типа «все или ничего» и неспособность к бездекрементному проведению сокращения также не дает основания говорить о качественных особенностях их сократительного механизма. В этом отношении мы можем сослаться на работы Насонова (²), Насонова и Авербаха, которые ясно показали наличие глубокого родства между реакциями градуального типа, распространяющимися с декрементом, и бездекрементными реакциями типа «все или ничего».

Следующее обстоятельство убеждает нас в правильности предположения о родстве между тетаническими и тоническими волокнами. В *m. ileofibularis* нами было обнаружено большое количество «переходных» мышечных волокон, дающих всю гамму промежуточных форм сокращений между типично тетанической и типично тонической. Одни из них отвечают на раздражение согласно закону «все или ничего» (рис. 1, А) и в этом отношении сходны с тетаническими. Однако они отличаются от этих волокон по ряду признаков: по меньшей высоте сокращения и большей его длительности, по отсутствию эластических колебаний при расслаблении, по меньшей склонности к утомлению и к пессимуму. Очень часто сокращения типа «все или ничего» в этих волокнах получаются лишь при больших силах раздражения; при более слабых возникают сокращения явно градуального типа — чем сильнее раздражение, тем выше сокращение. Большая часть переходных волокон отвечает такими градуальными реакциями в любом районе сил раздражения (рис. 1, В, и 2). Наконец, встречаются переходные волокна, близкие по характеру сокращения к типично тоническим (рис. 1, С).

При всем разнообразии сократительных свойств, переходные волокна характеризуются вполне определенными морфологическими признаками. В *m. ileofibularis* они находятся в центральном пучке, обладают мень-

шей толщиной (диаметр 40—80 μ) и более темной окраской. Они не имеют чувствительности к механическим раздражениям и во время

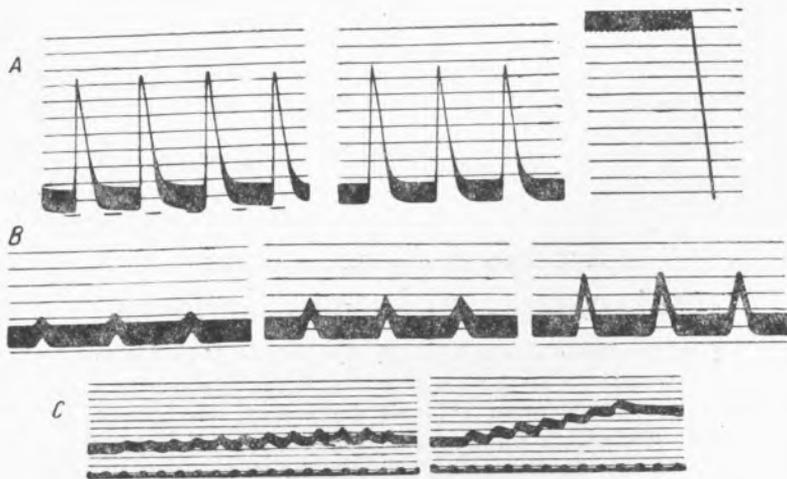


Рис. 1. А — переходное волокно, длина 8 мм, диаметр 75 μ . Слева направо: раздражение индукционным током 370 мм расстояния катушек (порог); то же, 250 мм р. к.; то же, конец семисекундного раздражения с частотой 10 в сек. В — другое переходное волокно, длина 10 мм, диаметр 56 μ . Слева направо: раздражение индукционным током 325 мм р. к. (порог); то же, 300 мм р. к.; то же, 200 мм р. к. С — другое переходное волокно (увеличение меньше). Слева направо: раздражение индукционным током 220 мм р. к.; то же, 150 мм р. к. Под миограммой отметка времени 0,3 сек.

препаровки часто стягиваются сокращающимися тоническими волокнами в характерную гармошку. Руководствуясь этими признаками, переходные волокна можно отличить от тетанических и тонических еще в целой мышце. Может быть, имеет большое значение то обстоятельство, что к весне количество переходных волокон все более падает, но зато увеличивается количество тонических.

Возможность выделять по заказу любой вид волокон, руководствуясь определенными топографическими и морфологическими признаками, дает нам основание утверждать, что различные формы сократительных реакций — тетаническая, тоническая и переходная — действительно принадлежат различным видам волокон, а не являются результатом альтерации одного и того же сократительного механизма.

Взаимоотношения между тетаническими и тоническими волокнами могут быть лучше поняты, если подойти к этому вопросу с эволюционной точки зрения. Уже давно Л. А. Орбели⁽³⁾ обосновал то положение, что «различные виды сократительных тканей представляют собой разновидности одной и той же сократительной ткани, которая в процессе эволюции претерпела известные превращения, известную дифференциацию и может быть рассматриваема как остановившаяся на том или ином этапе эволюционного развития». В отношении тонических свойств мускулатуры — в плане соотношений между тоничностью и холинорецепцией, эта

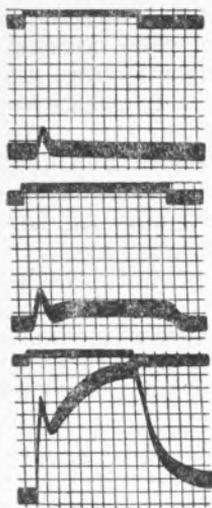


Рис. 2. Ответ переходного волокна (диаметр 112 μ) на постоянный ток. Сверху вниз: 0,1; 0,2; 0,4 V. Расстояние между двумя вертикальными чертами 0,1 сек.

точка зрения была развита в работах А. А. Гинецинского и сотрудников (4). Нам кажется, что и наши данные о механических сократительных свойствах тетанических и тонических волокон и о наличии переходных форм между ними также говорят в пользу этого взгляда. Тетанический и тонический прибор скелетной мышцы связаны между собой эволюционным родством, их действительно можно рассматривать как различные этапы эволюции поперечно-полосатой мышечной ткани.

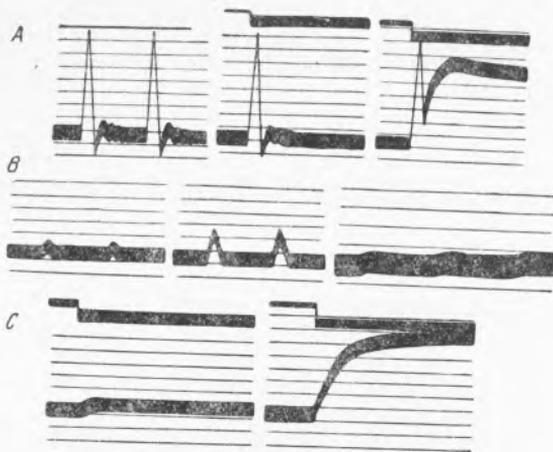


Рис. 3. Тетаническое волокно. А (слева направо) — ответ на индукционный ток 320 мм р. к. (порог); ответ на постоянный ток 0,1 V; то же, на 0,3 V. В (слева направо) — после 5 мин. обработки волокон рингером + KCl 200 мг % ответ на индукционный ток 240 мм р. к.; то же, 160 мм р. к.; после 10 мин. обработки ответ на индукционный ток 20 мм. С — после 7 мин. обработки ответ на постоянный ток 0,1 и 0,3 V.

С этой точки зрения тоническое волокно есть продукт специализации для осуществления длительных противодействий растягивающим усилиям. При этом в качестве основного механизма была использована древнего типа сократительная реакция — местное градуальное возбуждение, распространяющееся с декрементом, связанное с медленно обратимыми, вероятно, денатурационными, изменениями.

Тетаническое же волокно является продуктом приспособления для сокращений быстрых, сильных и легко дозируемых нервными центрами. Основным рабочим механизмом в этих волокнах является новый, более молодой тип реакции — бездекрементный процесс «все или ничего». Характерно, что в тетанических волокнах лягушки этот тип реакции является довольно непрочным. При утомлении или под влиянием сильных раздражений он сменяется градуальными местными ответами. Такую же альтерацию сократительной функции легко получить, воздействуя на волокно растворами KCl или постоянным током. При этом, вместо быстрых и сильных тетанических эффектов, начинают возникать ответы, по внешнему виду напоминающие сокращения переходных волокон и даже тонических (рис. 3). Конечно, здесь вряд ли есть основание говорить о превращении тетанических волокон в тонические; такие новообразованные «тонические» волокна отличаются от истинных тонических по ряду признаков и, в частности, отсутствием высокой чувствительности к ацетилхолину.

Наличие в большинстве мышц лягушки мышечных волокон, обладающих различным характером сокращения, и возможность легкой альтерации сократительных свойств во время препаровки и раздражения лежат

в основе тех разногласий, которые имеются до настоящего времени, по поводу подчиняемости или неподчиняемости поперечно-полосатых волокон закону «все или ничего».

Поступило
14 VII 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Е. К. Жуков и Л. И. Леушина, ДАН, 62, № 3 (1948). ² Д. Н. Насонов, Доклады VII Всес. съезда физиол., стр. 75, 1947. ³ Л. А. Орбели, Тр. Физиол. ин-та им. Павлова АН СССР, 1, 3 (1945). ⁴ А. Г. Гинецинский, Физиол. журн. СССР, 33, 413 (1947). ⁵ П. О. Макаров, Проблемы микрофизиологии нервной системы, 1947.