

Б. П. УШАКОВ

**СООТНОШЕНИЕ ПОРОГОВ ПАРАБИОТИЧЕСКОГО БЛОКА  
И КОНТРАКТУРЫ СОМАТИЧЕСКОГО МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА**

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 3 V 1952)

Детальный и многосторонний анализ развития непроводимости при локальной альтерации нерва привел Н. Е. Введенского (1) к открытию местного стойкого возбуждения, названного им парабиозом. Наличие сокращения мышечного волокна во время возбуждения позволило развернуть проверку приложимости учения о парабиозе к мышечной ткани не только путем выяснения закономерностей развивающегося блока (2-4), но и непосредственным изучением местного стойкого возбуждения выражающегося в неспецифической контрактуре мышцы (5-14). Хотя обе линии работ посвящены развитию парабиоза, вопрос о месте контрактуры и блока в общем парабиотическом процессе остается пока нерешенным. Для ответа на поставленный вопрос необходимо параллельное изучение блокирования и контрактурного сокращения либо во временном разрезе, либо в отношении силы и концентрации действующего раздражителя. Однако в то время как развитие парабиотического блока изучено во времени, при исследовании контрактуры с целью установления порога опыты ставились в разрезе интенсивности раздражающего агента.

Желая установить взаимоотношение между потерей проводимости и контрактурой, мы остановились на сравнении порогов парабиотического блока и контрактуры, ибо сравнительное исследование обоих явлений во времени затруднено большим числом волокон, из которых состоит мышца. Поставленная задача облегчалась еще тем, что благодаря

Таблица 1

Зависимость времени развития парабиотического блока от концентрации химических раздражителей портняжной мышцы лягушки

Этиловый спирт			Хлористый калий			Хлористый барий			Хлоралгидрат		
концентрация в %	число опытов	средн. время развития блока в мин.	концентрация в %	число опытов	средн. время развития блока в мин.	концентрация в %	число опытов	средн. время развития блока в мин.	концентрация в %	число опытов	средн. время развития блока в мин.
4,5	7	74	0,075	5	73	2	4	139	0,25	6	157
6,0	5	48	0,15	19	34	3	6	65,7	0,5	5	63
9,0	9	26	0,3	29	20	4	5	34,8	1,0	5	27,5
13,0	5	9,6	0,45	6	7,2	6	6	5,5	2,0	5	9,0
18,0	5	3,4	0,6	6	5,0	8	6	3,2	3,0	5	6,2

работам Д. Н. Насонова и его сотр. (7-13) контрактурный порог для многих раздражителей соматической мускулатуры уже установлен. Таким образом, экспериментальная часть нашей работы свелась к выяснению зависимости времени развития парабитического блока от интенсивности альтерирующего агента и к попытке найти пороговую концентрацию блокирующего действия раздражителя.

Так как контрактурный порог в лаборатории Д. Н. Насонова получен в основном на портняжной мышце травяной лягушки, то для своих опытов мы также остановились на этом объекте. В качестве раздражителей нами были использованы: этиловый спирт, хлористый калий, хлористый барий и хлоралгидрат, которые прибавлялись к жидкости Рингера. Использованные концентрации агентов указаны в табл. 1.

Подробное описание методики можно найти в одной из наших работ (4). В общем виде она заключается в установлении момента птери проводимости при локальной альтерации среднего участка мышцы длиной 10—16 мм\*. Для этого мышца укрепляется в особом станочке, а растворы наносятся с помощью ватной муфточки, обильно смоченной исследуемым веществом. Развитие блока регистрируется миографически, и о полной потере проведения судят по отсутствию сокращения одного конца мышцы при раздражении ее другого конца. Тестирующие серебряные электроды располагаются на проксимальном конце мышцы и соединяются со вторичной обмоткой индукционного аппарата, в первичную цепь которого включены батареи 4,5 в.

Всего нами поставлено 149 опытов, в ноябре — феврале при комнатной температуре 15—20°.

При развитии парабиоза мышцы наблюдаются классические стадии Н. Е. Введенского, которые обнаружены нами при действии всех раздражителей. В случае парабиоза, вызванного хлористым барием, записать парадоксальную стадию значительно труднее, но в ряде случаев это удается. Вообще же парабиотические стадии на мышце можно наблюдать только при относительно небольших концентрациях раствора, вызывающих блокирование мышцы не меньше, чем через 20—40 мин. Последнее можно объяснить тем, что для выявления стадий в миографической методике необходимо, чтобы отдельные волокна, входящие в состав мышцы, проходили стадии более или менее одновременно. При больших концентрациях наблюдается резкий диффузионный градиент концентрации химического вещества внутри мышцы и, в соответствии с ним, большая разнородность в состоянии составляющих мышцу волокон. Среднее время развития блока при различных концентрациях агентов дано в табл. 1. Если нанести эти данные на график зависимости времени развития блока от концентрации, то получается кривая, напоминающая параболу. Однако только в случае хлоралгидрата полученная в опыте зависимость соответствует уравнению параболы ( $x = ay^n$ ) (14). При действии же хлористого калия, спирта и хлористого бария зависимость не укладывается в такую простую математическую формулу. По нашему мнению, эти отклонения от уравнения параболы вполне закономерны и связаны с процессами адаптации, протекающими в мышце при inadequateм раздражении.

Что касается порога парабиотического блока, то, как видно из

\* При длине парабиотического участка меньше 10 мм время парабиоза зависит от величины области альтерации, имеет относительный характер и не может быть сравнено с реакцией целой мышцы, например контрактурным сокращением. Поэтому в своих опытах мы остановились на довольно большой длине парабиотического участка (10—16 мм), которая по опытам, проведенным с нервом лягушки, уже не влияет на время парабиоза (19). Исчезновение возбудимости в этом случае совпадает с моментом перехода мышечного волокна от бездекрементного проведения к декрементному, что, по данным Д. Н. Насонова и Д. Л. Розенталя, и является причиной парабиотического блока.

табл. 1, все использованные нами концентрации являются блокирующими и лежат выше него. К сожалению, растекание раствора по мышце при длительных опытах настолько значительно, что делает изучение парабиоза при слабом раздражении очень неточным и вынуждает отказаться от экспериментирования с более низкими концентрациями агента.

Таким образом, удается лишь констатировать, что истинный порог парабиоза должен быть ниже наименьшей из испробованных нами концентраций. Несмотря на общий характер этого вывода, полученных данных вполне достаточно, чтобы ответить на вопрос о соотношении порогов контрактуры и парабиотического блока.

В табл. 2 сделано сопоставление минимальных из исследованных нами концентраций с контрактурным порогом той же мышцы. Из сравнения данных видно, что порог

контрактуры, по работам Д. Н. Насонова и его сотрудников, значительно выше тех минимальных доз, которые вызывают блокаду волн возбуждения в мышечном волокне. Так, в случае раздражения хлористым калием, в 4 раза более слабая концентрация (0,075%), чем та, которая может вызвать контрактуру портняжной мышцы (0,3%), приводит к развитию полной непроходимости уже через 60—80 мин. Аналогичное соотношение имеет место также при действии хлористого бария, спирта и хлоралгидрата. Если учесть, что И. Е. Камнев<sup>(15)</sup> блокировал мышцу разведением рингеровского раствора в 2 раза, а контрактуру можно получить лишь при четырехкратном разведении<sup>(13)</sup>, то можно считать, что при всех видах раздражения соматической мускулатуры порог блокирующего действия лежит значительно ниже контрактурного порога.

Сделанный вывод является несколько неожиданным, так как указывает на то, что стадии парабиоза, изученные Н. Е. Введенским на нервном проводнике, нужно рассматривать как более ранние этапы развития парабиотического процесса, завершающегося контрактурным сокращением. Другими словами, мышечная контрактура является довольно глубокой стадией развития местного стойкого возбуждения, когда функция проведения уже потеряна. С этой точки зрения важно отметить, что изменения белкового субстрата мышцы, называемые паранекротическими, обнаружены уже в подпороговой для контрактуры области раздражения<sup>(7-14)</sup>. По опытам Н. П. Зеленковой, М. М. Генни-Соколовой<sup>(16)</sup> и В. Я. Александрова и З. И. Крюковой<sup>(17)</sup>, они и по времени предшествуют началу контрактурного сокращения, увеличиваясь по мере действия раздражителя, и являются показателем субстанциональных проявлений более ранних стадий развития местного стойкого возбуждения.

Взгляд на контрактуру как на одну из завершающих стадий парабиотического процесса мышцы находит себе подтверждение при исследовании адаптационной способности, способности сопротивляться токсическому действию inadequate раздражителей. По нашим данным, найти предел адаптации\* довольно просто, исследуя зависимость

Таблица 2

Соотношение порогов контрактуры и парабиотического блока и предела адаптации портняжной мышцы лягушки

Парабиотич. агент	Порог парабиотич. блока	Порог контрактуры	Предел адаптации
Этиловый спирт	< 4,5%	9—10% <sup>(7)</sup>	12—18% <sup>(7, 20)</sup>
Хлористый калий	< 0,075%	0,3% <sup>(7)</sup>	0,3% <sup>(7)</sup>
Хлористый барий	< 2%	4% <sup>(10)</sup>	4% <sup>(10)</sup>
Хлоралгидрат	< 0,25%	0,5% <sup>(12)</sup>	0,5% <sup>(12)</sup>

\* Пределом адаптации мы называем наименьшую концентрацию химического агента, при которой адаптационный (компенсационный) процесс сломлен и практически на течении парабиоза не сказывается<sup>(18)</sup>.

скорости наркотизации от концентрации раздражителя, так как соответствующая ему концентрация характеризуется переломом кривой на логарифмическом графике (18).

Значение пределов адаптации, полученных Д. Н. Насоновым с сотрудниками для портняжной мышцы, представлено в табл. 2. Кроме спирта, где его значение несколько выше контрактурного порога, для всех раздражителей минимальная концентрация, вызывающая контрактуру, как раз совпадает с пределом адаптации мышцы. Такое же совпадение имеет место при действии на мышцы эфира (7), соляной кислоты (7), едкого натра (11), хинина (9), солей кальция (10) и многих других раздражителей.

Весь этот материал убеждает нас в том, что контрактурное сокращение соматической мышцы действительно является глубокой стадией парабютического процесса, когда адаптационное сопротивление ее уже в основном сломлено, и поэтому контрактуру можно называть стадией некомпенсированного возбуждения.

Зоологический институт  
Академии наук СССР

Поступило  
25 IV 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Н. Е. Введенский, Собр. избр. соч., изд. АН СССР, 2, стр. 509, 1951; <sup>2</sup> Д. Г. Квасов, Бюлл. эксп. биол. и мед., 27, 183 (1949). <sup>3</sup> Я. Д. Финкинштейн-там же, 30, 28 (1950). <sup>4</sup> Б. П. Ушаков, Физиол. журнал, 38 (1952). <sup>5</sup> А. А. Ухтомский, Тр. IX Пироговск. съезда, 1, 93 (1904). <sup>6</sup> В. С. Русинов, Тр. Физиол. ин-та ЛГУ, № 17, 10 (1936). <sup>7</sup> Д. Н. Насонов и И. П. Суздальская, Изв. АН СССР, сер. биол., № 4, 393 (1948). <sup>8</sup> Д. Н. Насонов, ДАН, 63, 597 (1948). <sup>9</sup> Д. Н. Насонов и Д. Л. Розенталь, ДАН, 63, 765 (1948). <sup>10</sup> Д. Л. Розенталь, ДАН, 63, 593 (1948). <sup>11</sup> И. П. Суздальская, ДАН, 63, 769 (1948). <sup>12</sup> Н. П. Зеленкова, ДАН, 64, 591 (1949). <sup>13</sup> Л. Н. Гаврилова, ДАН, 63, 589 (1948). <sup>14</sup> Д. Н. Насонов, ДАН, 64, 595 (1949). <sup>15</sup> И. Е. Камнев, Сборн. пам. акад. А. А. Заварзина, изд. АН СССР, 1948, стр. 493. <sup>16</sup> М. М. Генни-Соколова, Диссерт., Ленингр. физ. ин-т им. И. П. Павлова, 1948. <sup>17</sup> В. Я. Александров и З. И. Крюкова, Изв. АН СССР, сер. биол., № 2, 68 (1950). <sup>18</sup> Н. Б. Ильинская и Б. П. Ушаков, ДАН, 83, № 6 (1952). <sup>19</sup> Д. Н. Насонов и Д. Л. Розенталь, Усп. совр. биол., 33 (1952).