

Ю. П. ВЕДЕРНИКОВ, Р. С. ОРЛОВ

**СОКРАТИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ МИОКАРДА СИБИРСКОЙ  
ПЛОТВЫ RUTILUS RUTILIS LACUSTRIS (PALLAS)  
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РИТМАХ СТИМУЛЯЦИИ**

(Представлено академиком С. С. Шварцем 3 V 1971)

Величина сократительного ответа сердечной мышцы в зависимости от ритма стимуляции может быть неодинаковой для разных видов животных и даже для разных отделов сердца одного вида. Сводка литературы по этому вопросу имеется в обзорах (1, 2).

В настоящем сообщении приводятся результаты экспериментов по изучению влияния ритма стимуляции на силу сократительного ответа миокарда сибирской плотвы *Rutilus rutilus lacustris* (Pallas).

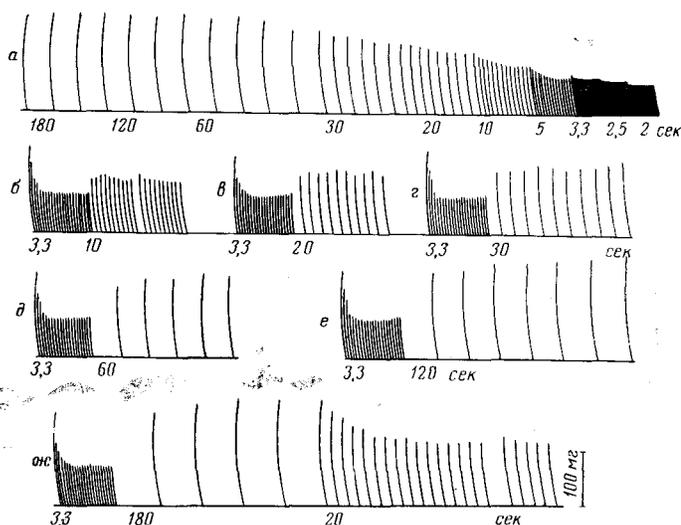


Рис. 1. Влияние ритма стимуляции на сократительный ответ миокарда рыбы. Цифры — период стимуляции. Интервал между отдельными сериями 3 мин.

Перед экспериментом рыба, отловленная в озере Таватуй, содержалась в лабораторном аквариуме при температуре 5—10°. После извлечения сердца из желудочка вырезалась полоска (от 0,5—0,8 до 5—7 мм) и помещалась в ванночку объемом 10 мл. Один конец препарата фиксировался, другой при помощи капроновой петли присоединялся к механотрону типа 6MX1С, исходная нагрузка на препарат равнялась 500 мг. В течение 1—2 час. полоска находилась в ванночке с раствором Рингера для холоднокровных (в ммол: NaCl 138, KCl 5,7, NaHCO<sub>3</sub> 1,2, CaCl 2,2) при температуре 10°, при постоянной стимуляции через 2 платиновых электрода, расположенных вдоль препарата, прямоугольными надпороговыми стимулами

(5—10 мсек.) с периодом 20 сек. (время необходимое для стабилизации сократительного ответа). Перемешивание раствора в ванночке осуществлялось пропусканьем кислорода. Изометрическое напряжение в ответ на раздражающий стимул регистрировалось чернилопишущим прибором Н-39. Эксперименты проведены при температуре раствора 10°.

Сила сократительного ответа миокарда находится в прямой зависимости от длительности периода стимуляции. Интервал между стимулами, когда предшествующее сокращение не оказывает влияния на последующее, различен для разных препаратов и находится в пределах 180—300 сек. На рис. 1а приведена амплитуда сокращений при разной частоте стимуляции, на рис. 2 отражена зависимость силы сократительного ответа от периода стимуляции. Видно, что с уменьшением периода стимуляции сила сократительного ответа уменьшается — феномен отрицательной лестницы. Переход с высокой частоты стимуляции на более низкую (например, с периода 3,3 сек. на 10—20 сек.) вначале приводит к медленному возрастанию амплитуды сократительных ответов, затем к уменьшению и стабилизации (рис. 1б, в, рис. 3 а, б). При переходе с высокой частоты (период 3,3 сек.) на еще более низкую (период 60, 120, 180 сек.) наблюдается

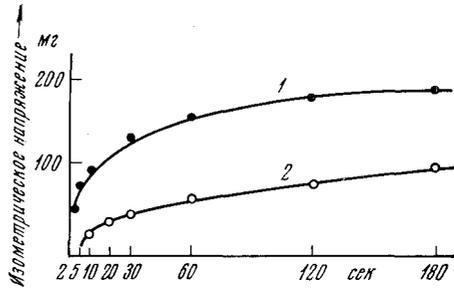


Рис. 2. Влияние интервала на величину сократительного ответа миокарда рыбы. 1 — зависимость силы сократительного ответа (установившегося) от времени между раздражающими стимулами; 2 — изменение величины сократительного ответа в зависимости от времени нанесения раздражающего стимула после окончания 2-минутной стимуляции (прирост сократительного ответа к установившемуся на частоте с периодом 3,3 сек.)

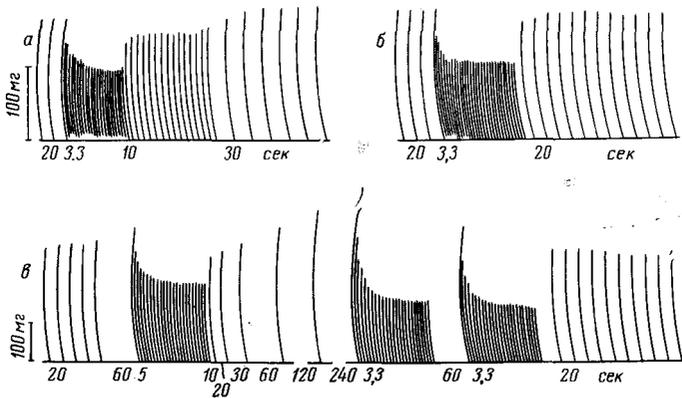


Рис. 3. Влияние смены ритма стимуляции и отдыха на величину сократительного ответа миокарда рыбы. Цифры — интервал между стимулами

прирост амплитуды последовательных сокращений и стабилизация их. В исследованных препаратах отчетливо выявляется потенция сокращений периодом отдыха. Этот феномен проявляется в том, что после паузы любой длительности первое сокращение в ритмическом ряду имеет наибольшую амплитуду (рис. 1 б — ж). Следует заметить, что даже выпадение одного раздражающего стимула в ритмическом ряду (рис. 2 б — ж) приводит к увеличению силы последующего сократительного ответа.

Эксперименты показывают, что в миокарде рыбы существует зависимость между частотой стимуляции и амплитудой сократительных ответов в ритмическом ряду. Кроме того, имеется зависимость между интервалом

после окончания серии ритмической стимуляции и первым сокращением на следующий стимул: чем больше этот интервал, тем больше амплитуда первого сокращения (рис. 1б — ж, рис. 2). Особенно отчетливо эта зависимость обнаруживается в серии экспериментов, когда после периода ритмической стимуляции тестирующие раздражения отставлялись на progressively возрастающие интервалы: 10, 20, 30, 60, 120, 240 сек. (рис. 3в).

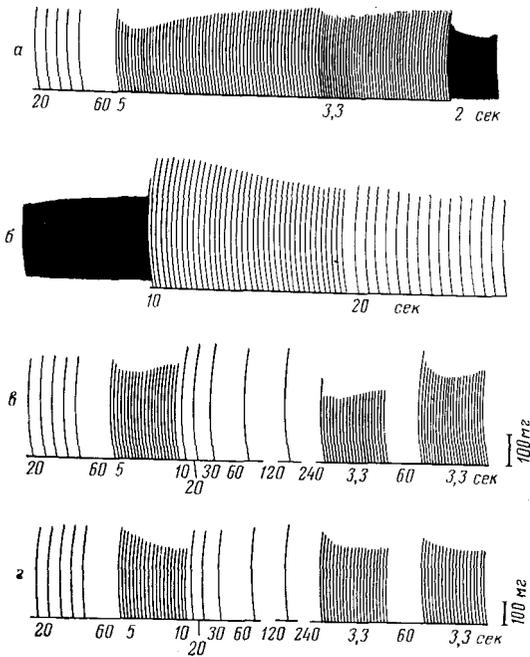


Рис. 4. Влияние ритма стимуляции на силу сократительного ответа миокарда рыбы. а, б, в — нормальный раствор Рингера, г — гипонатриевый (69 ммол.) раствор Рингера. Цифры — интервал между раздражающими стимулами

Характер связи между силой сократительного ответа и периодом стимуляции в миокарде рыб отличается от миокарда амфибий и более напоминает сердце теплокровных животных. Эта зависимость для миокарда рыб отличается от аналогичной в сердце теплокровных тем, что увеличение частоты стимуляции ведет к снижению амплитуды сократительного ответа, тогда как для теплокровных эта связь может быть 3-фазной: (предсердия) или однофазной (желудочек<sup>(1, 2)</sup>). В этом отношении миокард рыбы более всего напоминает миокард крысы.

Лишь в одном опыте (из 60 проведенных на *Rutilus rutilus*) наблюдалось вторичное возрастание амплитуды сокращений при уменьшении периода стимуляции. На рис. 4 видно, что уменьшение периода стимуляции ведет к развитию «нисходящей лестницы» с последующим возрастанием сократительного ответа. Переход на частоту стимуляции с более низким периодом, как обычно, приводил к постепенному возрастанию амплитуды сокращений с дальнейшим уменьшением и стабилизацией (рис. 4б). Потенциация периодом отдыха в данном препарате слабо выражена (сравни рис. 4а, в и рис. 3в). Более того, амплитуда ответов по мере увеличения интервала между одиночными стимулами, наносимыми после серии стимулов высокой частоты, постепенно падает (сравни рис. 4в и рис. 3в). Уменьшение содержания натрия (до 69 ммол.) в растворе Рингера устраняло вторичное возрастание сократительного ответа при ритмической стимуляции с малым периодом и падение амплитуды в ответ на одиночные раздражающие стимулы (рис. 4г).

Результаты наших экспериментов выявляли ряд особенностей в сократительной активности миокарда рыб в зависимости от вариации ритма стимуляции. Мы полагаем, что падение амплитуды сокращений во время ритмической стимуляции с малым периодом можно объяснить особенностями кинетики ионов натрия и кальция. Возможно, что в миокарде рыб, так же как и в сердце теплокровных, имеются конкурентные взаимоотношения между внутриклеточной концентрацией ионов натрия и кальция<sup>(3)</sup>, а ско-

рость поступления ионов натрия внутрь клетки выше скорости поступления ионов кальция. В результате этого во время ритмической стимуляции внутриклеточное соотношение натрий / кальций изменяется в пользу натрия и тем самым ведет к падению амплитуды сокращений. Переход от высокой частоты стимуляции к более низкой или же прекращение стимуляции создает условия для более эффективного выхода ионов натрия из клетки. Последующий стимул вызывает возбуждение мембраны, и внутрь клетки входят натрий и кальций в обычных соотношениях. Однако амплитуда сократительного ответа возрастает и становится тем больше, чем дальше отставлен тестирующий стимул, т. е. чем большее количество ионов натрия успевают выйти из клетки. Объяснение необычного поведения сократительных ответов, приведенных на рис. 4, можно дать исходя из предположения о том, что исходная внутриклеточная концентрация ионов натрия высока и уже во время ритмической стимуляции с малым периодом ионы натрия выходят из клетки.

Институт экологии растений и животных  
Уральского научного центра  
Академии наук СССР  
Свердловск

Поступило  
3 V 1971

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> J. R. Blinks, J. Koch-Weser. *J. Pharmacol. and Exp. Therap.*, **134**, 373 (1961). <sup>2</sup> J. Koch-Weser, J. R. Blinks. *Pharmacol. Rev.*, **15**, 601 (1963).  
<sup>3</sup> G. A. Langer, *Physiol. Rev.*, **48**, 708 (1968).