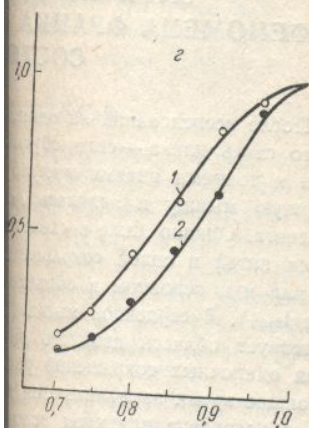
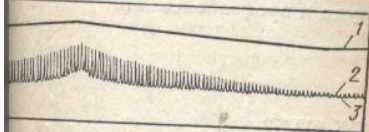


их обсуждение

на рисунке, б. Во время линейно-активной, и пассивной силы (3). Активная сила (2) напряжения покоя при



авого желудочка кролика.

изменении длины; б — изменение активной длины (1); в — связь длина — сила. По горизонтальной оси — длина в долях от исходной, по вертикальной — сила в долях от исходной. По горизонтальной оси — длина в долях от исходной, по вертикальной — сила в долях от исходной.

к исходному уровню общая сила условий. Зависимость напряжения от скорости растяжения от температуры отмечается тенденция к

линейном растяжении являющейся при восстановлении длины к исходному уровню. Величина гистерезиса активной силы увеличивается с увеличением скорости

ее зависимости от инотропного конкретного инотропного

состояния, например, для температуры 25 °С и межимпульсного интервала 5 с, то при усилении инотропного состояния понижением температуры или увеличением частоты стимуляции, l_{max} сдвигается в область больших значений (см. рисунок, в). В этом смысле миокард ведет себя противоположно скелетной мышце, в которой обнаружено, что для тетанических сокращений l_{max} находится в области длин саркомеров 2,2—2,3 мкм, а для одиночных сокращений при длинах 2,8—3,0 мкм. Иными словами, с ростом кальциевой активации в скелетной мышце l_{max} смещается в область меньших длин. Природа этого явления не ясна. Во всяком случае можно исключить артефакт, связанный с удлинением препарата со временем (крип), поскольку имеется четкая корреляция смещения l_{max} в миокарде с инотропным состоянием вне зависимости от способа, которым это усиление вызвано. Можно предположить, что при увеличении длины задерживается кальциевая активация, т. е. выделяющийся из тех или иных структур кальций поступает в саркоплазматический ретикулум и медленно перетекает в терминальные цистерны, из которых он выделяется. Наличием задержанной кальциевой активации можно объяснить и гистерезисные явления в связи длина — сила.

Если кривые длина — сила, полученные при разных инотропных состояниях, нормировать к l_{max} и P_{max} (где P_{max} — сила сокращений при l_{max}), то кривые длина — сила для разных инотропных состояний «расходятся». Чем выше инотропное состояние (см. рисунок, г), тем выше лежит нормированная кривая длина — сила. Этот факт свидетельствует о том, что изменение длины скорее всего приводит к высвобождению кальция из терминальных цистерн, или из других источников. Система электрохимического сопряжения в миокарде оказывается зависимой от начальных механических условий. Уже в силу данного обстоятельства нельзя найти индекса сократимости, который не зависел бы от конечной диастолической длины. Отметим, что описано большое число индексов и число их постоянно нарастает. Как показано в настоящей работе, поиск и употребление таких индексов не имеют теоретического оправдания.

Лаборатория биофизики
Свердловского института
гигиены труда и профзаболеваний

Поступила в редакцию
29.IV 1980 г.

УДК 612.015/616.127:546.41/616.814.1

Н. В. Карсанов, В. С. Храпов, Ц. Е. Картвелишвили,
З. Д. Тедеева, З. Г. Хугашвили

СОКРАТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПУЧКОВ ГЛИЦЕРИНИЗИРОВАННЫХ ВОЛОКОН, СВЯЗЫВАНИЕ И ПОГЛОЩЕНИЕ КАЛЬЦИЯ ФРАГМЕНТИРОВАННЫМ САРКОПЛАЗМАТИЧЕСКИМ РЕТИКУЛУМОМ МИОКАРДА ПРИ РАЗДРАЖЕНИИ ГИПОТАЛАМУСА

Ранее нами было показано, что ежедневная однократная электростимуляция задней области гипоталамуса (ЗОГ) в продолжение 8—12 дней вызывает уменьшение сократительной способности миокарда.

Для выяснения субклеточного механизма снижения сократительной функции миокарда при электростимуляции ЗОГ мы исследовали способность пучков глицеринизированных волокон миокарда (ПГВМ) развивать напряжение и Ca^{2+} аккумулирующую способность фрагментированного саркоплазматического ретикулума (ФСР).

Методика исследований

Работа проведена на 83 кроликах породы шиншилла, массой 2,8—3 кг, распределенных по группам: интактные и контрольные (со вживленными в гипоталамус электродами без стимуляции), а также животные с ежедневной однократной электро-

Напряжение, развиваемое ПГВМ, связывание и поглощение ^{45}Ca ФСР (левый+правый желудочек) миокарда кроликов в разные сроки раздражения задней области гипоталамуса ($M \pm m$)

Группы животных	Напряжение, развиваемое ПГВМ, мг/мм ²		Связывание ⁴⁵ Са ФСР, нмоль/мг белка		Поглощение ⁴⁵ Са ФСР (в присутствии оксалата калия), нмоль/мг белка				
			1 мин	3 мин	5 мин	10 мин	15 мин		
	левый желудочек	правый желудочек	1 мин	3 мин	5 мин	10 мин	15 мин		
Интактные животные	242,2±23,2* (13)	257,7±24,1 (13)	45,3±2,9 (7)	1013±52,9 (7)	1331±19,3 (7)	1444±26,4 (7)	1492±19,7 (7)	1533±41,2 (8)	
Контроль	220,2±10,8 (9)	218,0±12,8 (9)	42,6±2,3 (4)	1179±101,1 (4)	1399±51,9 (4)	1429±21,7 (3)	1488±46,6 (4)	1505±92,3 (4)	
Стимуляция гипоталамуса двухдневная	209,8±26,0 (10)	203,9±14,1 (10)	46,3±1,5 (5)	967,0±114,1 (4)	1336±83,8 (4)	1398±27,1 (4)	1541±50,7 (4)	1553±44,0 (4)	
четырёхдневная	177,9±10,7** (18)	168,7±10,5** (18)	38,0±2,1 (6)	1146±56,9 (5)	1305±53,8 (7)	1340±39,3 (6)	1234±43,8** (6)	1408±83,2 (6)	
шестидневная	—	—	42,8±5,0 (5)	1093±48,1 (4)	1326±45,5 (5)	1183±52,0*** (5)	1050±63,0*** (6)	1431±44,2 (5)	
восемью — двенадцатидневная	133,0±4,3*** (10)	133,4±4,3*** (10)	32,9±2,6** (5)	1059±32,4 (6)	1188±25,2** (6)	1302±41,6** (6)	1158±34,1*** (6)	1338±32,0 (6)	

В скобках указано количество животных. Все сравнения с контрольной группой; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

* В скобках указано количество животных. Все сравнения с контрольной группой; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

стимуляцией ЗОГ в продолжении аппарата типа МБ 5205/А. Электроды из нихрома сечением 0,5 мм, изолированные клеевой изоляцией. Электропulses — прямоугольные с амплитудой напряжения 0,5—3 В. ПГВМ использовалась в течение месяца и интактной. Белки миофибрилл. Развитие сокращения измеряли тензометрически. Введения Ca^{2+} проводили по методу

Результаты

Вживление электродов в продолжение двух дней не оказало влияния на сократительную способность системы кролика. В контрольной группе, но и в группе, подвергнутой простимуляции, происходит сокращение пучками, приготовленными от контрольной величины сокращения.

При 8—12-дневном разрыве ПГВМ левого и правого желудочков на 40 %).

Вживление электродов в продолжение 4 дней не оказывает влияния на сокращение (см. таблицу), если не считать четырехдневной стимуляции. В разрыве ЗОГ количество сокращений существенно не меняется. В живлении спонтанно выброшенного кальция на 10—20,8 % поглощения таблицы.

При 8—12-дневном разрыве ПГВМ (23 %). Поглощение его на 11,1 %).

Спонтанный выброс кальция. Нарушение этого процесса сокращения. Степень снижения сократительной способности миокарда при разрыве контрактильных и регуляторных

* Уменьшение поглощения при сравнении с контрольной нормой.

шестидневная	(18)	—	(18)	—	(6)	42,8±5,0	(6)	1093±48,1	(5)	1326±45,5	(7)	1183±52,0***	(6)	1050±63,0***	(6)	1231±43,8**	(6)	1408±83,2	(6)
восемь — двенадцатидневная	(10)	133,0±4,3***	(10)	133,4±4,3***	(10)	32,9±2,6**	(5)	1059±32,4	(6)	1188±25,2**	(6)	1302±41,6**	(6)	1158±34,1***	(6)	1158±34,1***	(6)	1338±32,0	(6)

* В скобках указано количество животных. Все сравнения с контрольной группой; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

стимуляцией ЗОГ в продолжение 2; 4; 6 и 8—12 дней. С помощью стереотактического аппарата типа МБ 5205/А (ВНР) в заднюю область гипоталамуса вживляли электроды из нихрома сечением 120 мкм и межэлектродным расстоянием 0,5—1 мм в стеклянной изоляции. Электростимуляция производилась ежедневно в течение 1 ч импульсами прямоугольного тока частотой 50—60 Гц, длительностью 0,2 м/с при напряжении 0,5—3 В. ПГВМ готовили по Сент-Дьердьи. Глицеринизация при этом длилась месяц и интактной оставалась лишь система контрактильных и регуляторных белков миофибрилл. Развиваемое напряжение в полуизометрическом режиме сокращения измеряли тензометрически. Выделение ФСР, определение поглощения и связывания Ca^{2+} проводили по методу Харигаи и Шварц.

Результаты исследований и их обсуждение

Вживление электродов в ЗОГ (контрольная группа) не оказывает существенно-го влияния на сократительную способность ПГВМ (см. таблицу). Раздражение ЗОГ в продолжение двух дней также не приводит к достоверному изменению сократительной способности системы контрактильных белков (не только по отношению к контрольной группе, но и группе интактных животных). Однако при четырехдневной электростимуляции происходит существенное уменьшение напряжения, развиваемого как лучками, приготовленными из левого, так и из правого желудочков (на 20 и 22 % от контрольной величины соответственно).

При 8—12-дневном раздражении степень уменьшения напряжения, развиваемого ПГВМ левого и правого желудочков, достигает значительной величины (снижается на 40 %).

Вживление электродов в ЗОГ и раздражение его в продолжение не только 2, но и 4 дней не оказывает заметного влияния на связывание и поглощение Ca^{2+} ФСР (см. таблицу), если не считать, что на 10 мин количество поглощенного Ca^{2+} при четырехдневной стимуляции несколько ниже контрольной величины. При шестидневном раздражении ЗОГ количество связанного и поглощенного Ca^{2+} в продолжение 15 мин существенно не меняется. Однако это происходит в результате активного поглощения спонтанно выброшенного на 5 и 10 мин Ca^{2+} (на 5 мин выбрасывается 10,8 %, а на 10—20,8 % поглощенного к 3 мин Ca^{2+} , $p < 0,05$ и $0,01$ соответственно) — см. таблицу.

При 8—12-дневном раздражении ЗОГ связывание Ca^{2+} заметно снижается (на 23 %). Поглощение его на 3; 5 и 15* мин также уменьшается, а на 10 мин выбрасывается меньше (11,1 %), чем при шестидневной стимуляции.

Спонтанный выброс Ca^{2+} из ФСР связан с нарушением контроля проницаемости мембран, по-видимому, вследствие изменения соотношения внутреннего и внешнего кальция. Нарушение этого контроля может играть определенную роль в изменении процесса сокращения — расслабления. Однако ведущее значение (учитывая степень снижения сократительных свойств ПГВМ) в уменьшении сократительной способности миокарда при раздражении ЗОГ, можно считать, имеет поражение системы контрактильных и регуляторных белков миофибрилл.

* Уменьшение поглощения Ca^{2+} на 15 мин (на 11,2 %) оказалось недостоверным при сравнении с контрольной величиной, но было существенным при сравнении с нормой.