

УДК 612.171.1:612.176.4

ИНТЕРВАЛЬНО-АМПЛИТУДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИОКАРДА У ЧЕЛОВЕКА ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

© 2021 г. Л. И. Иржак^{1,*}, Н. Г. Русских^{1,**}

¹ФГБОУ ВО Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина,
Республика Коми, Сыктывкар, Россия

*E-mail: irzhak31@mail.ru

**E-mail: rung76@mail.ru

Поступила в редакцию 20.04.2020 г.

После доработки 21.05.2020 г.

Принята к публикации 30.09.2020 г.

Цель работы – определить длительность интервалов *PP*, *PT* и *TP* и вольтаж амплитуды *RD* у человека при действии двигательной нагрузки типа пробы Мартине, что необходимо для учета фаз рефрактерности в течение кардиоцикла. По материалам записи 1500 кардиоциклов у 15 обследованных юношей в возрасте 18–19 лет получены данные о длительности интервалов *PP*, *PT* и *TP*, а также амплитуд *RD* до и после действия физической нагрузки. Установлено, что в контроле длительность деполяризации, фазы абсолютной рефрактерности (интервал *PT*) колеблется в пределах от 0.51 ± 0.1 до 0.44 ± 0.03 с, т.е. в пределах ошибки метода, независима от уровня частоты сердечных сокращений (ЧСС). Продолжительность реполяризации, фазы относительной рефрактерности (сегмент *TP*) колеблется между 0.60 ± 0.1 до 0.24 ± 0.1 с. После опыта длительность абсолютной рефрактерности не меняется, относительной – снижается 0.15 ± 0.1 – 0.10 ± 0.04 с. При этом меняются соотношения между *PP* и *PT* и *PP* и *TP* до и после опыта. Амплитуды, представленные в виде относительной (%) разницы между их состоянием до и после нагрузки, минимальны при более длительных интервалах *PP* (около 20%) и максимальны при наименьших длительностях интервала *PP* (до 40%). Во всех случаях действие пробы Мартине сопровождается снижением уровня вариабельности всех показателей электрической активности миокарда. Приведенные результаты свидетельствуют об изменении характера взаимосвязи между показателями электрических свойств миокарда у человека под влиянием стрессовой ситуации.

Ключевые слова: электрокардиография, миокард, интервалы, амплитуды, деполяризация, реполяризация, фаза рефрактерности, проба Мартине, человек.

DOI: 10.31857/S0131164621020028

Электрические показатели сердца относятся к одной из наиболее интересных глав современной физиологии, ее фундаментальных и прикладных аспектов [1–5]. Основу этой области науки составляют знания о динамике потенциалов в клетках возбуждаемых тканей и результаты электрокардиографических (ЭКГ) исследований в экспериментах и клинике [6, 7].

Все элементы ЭКГ содержат информацию об электрических свойствах миокарда: степени его возбудимости и фазах рефрактерности. Особый интерес в этом плане привлекают данные об интервалах и амплитудах, изменений их уровня и взаимосвязей в состоянии относительного покоя испытуемых и в условиях функциональных нагрузок. Материалы об этих свойствах миокарда необходимы при обсуждении механизма адаптивных реакций со стороны сердца, вариабельности показателей в условиях воздействий типа стресса.

Современные представления о природе интервалов и амплитуд ЭКГ базируются на результатах микроэлектродных исследований, обогативших физиологию сведениями о генезе и динамике потенциалов плазматических мембран кардиомиоцитов [1, 2, 8, 9]. Однако суммарные результаты взаимодействия электрических одиночных потенциалов кардиомиоцитов, измеряемых с помощью макроэлектродной техники ЭКГ на поверхности тела, редко обсуждаются в научной литературе [2] и подобные сведения практически отсутствуют в учебной литературе [8]. Между тем это составляет важную задачу современных исследований электрических свойств миокарда.

В настоящее время на тему интервально-амплитудных характеристик работы сердца есть ряд публикаций, в которых анализ интервалов, в основном, делается по длительности *RR*. Не меньший интерес представляет изучение интервалов

PP [10]. Именно *PP* дает возможность изучить такие важные электрофизиологические свойства миокарда, как активация миокарда (*PT* – фаза абсолютной рефрактерности), изопотенциальное состояние (*TP* – фаза относительной рефрактерности). Анализ этих интервалов позволяет изучить механизм формирования частоты сердечных сокращений (ЧСС) и вариабельности ритма сердца (ВРС).

Цель настоящего исследования – определить длительность интервалов *PP*, *PT* и *TP* и амплитуды *RD* у человека при действии двигательной нагрузки типа пробы Мартине, что необходимо для учета фаз рефрактерности в течение кардиоцикла.

МЕТОДИКА

Было обследовано 15 практически здоровых юношей в возрасте 18–19 лет. Исследование проводили весной (май) в первой половине дня в научно-исследовательской лаборатории “Проблемы гипоксии” СыктГУ (г. Сыктывкар). Температура воздуха в помещении составляла +20–22°C, влажность воздуха – около 60%.

Производили запись ЭКГ во II стандартном отведении по 50 кардиоциклов у каждого обследуемого до и после физической нагрузки (ФН). Для работы использовали аппарат “ВНС-ритм” (Нейрософт, Россия). По записи ЭКГ анализировали кардиоинтервалы (соотношение – 50 мм = 1 с) и амплитуды (соотношение – 20 мм = 1 мВ). Компьютерное использование прибора “ВНС-ритм” позволяет учитывать только усредненные результаты по массе кардиоциклов, рассчитанные по интервалам *RR*. В связи с этим, а также с тем, что изучались расстояния между зубцами *PP*, *PT* и *TP*, информацию о которой система предоставить не может, интервалы *PP* (от начала зубца *P* до начала следующего зубца *P*), *PT* (от начала зубца *P* до начала зубца *T*), *TP* (от конца зубца *T* до начала зубца *P*) и амплитуды зубцов *RD* (от верхушки зубца *R* до изолинии) измеряли линейкой с точностью 0.5 мм. Вариабельность показателей представлена в виде кардиоинтервалограмм (КИГ), кардиоамплитудограмм (КАГ) и *pNN50* (%).

В качестве ФН динамического типа применяли пробу Мартине – 20 приседаний в течение 30 с [11, 12]. Положение обследуемых в контроле – сидя.

Массив из 750 кардиоциклов (КЦ) до и после ФН был распределен на три подгруппы. Каждая из них соответствует трем вариантам ЧСС: 60 уд./мин и меньше (1 подгруппа), 61–80 уд./мин (2 подгруппа), 81 уд./мин и больше (3 подгруппа).

Результаты представлены в виде средних величин (*M*) и стандартного отклонения (*SD*). Для проведения статистической обработки данных использовали программу *Statistica 6.0*. Подсчита-

ны корреляции между показателями по Пирсону (r_p). Достоверность различий между показателями вычисляли по *t*-критерию Стьюдента, различия между параметрами оценивали методом парных сравнений, считая их достоверными при $p \leq 0.05$ [13–15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У юношей, близких по возрасту (18–19 лет) и роду занятий (студенты) длительность интервала *PP*, отражающий на ЭКГ общую продолжительность электрической систолы и диастолы, в контроле различается вдвое – от 1.33 до 0.63 с. На этом основании общий массив кардиоциклов был разбит на подгруппы (табл. 1).

Как видно из табл. 1, длительность интервала *PP* в подгруппах 1 и 3 различается на 40% ($p \leq 0.05$). Изменчивость показателя, судя по данным стандартного отклонения ($\pm SD$), находится на одном уровне в трех подгруппах (± 0.1 с). На рис. 1 показана вариабельность интервала *PP*, которая в контроле находится на уровне: ± 0.1 с – подгруппы 1 и 2, ± 0.05 с – подгруппа 3.

Более высокую вариабельность *PP* в подгруппе 1 подчеркивает и временной показатель *pNN50* (%), который соответствует 48%, что на 81% больше, чем в подгруппе 3 (9%), и на 21% превышает этот показатель в подгруппе 2 (38%).

На основании данных, которые приведены в табл. 1, следует зависимость степени уменьшения длительности интервала *PP* от ее величины в контроле. Как видно, в подгруппе 1 при среднем уровне в 1.11 с уменьшение длительности *PP* после ФН достигает 47% ($p \leq 0.05$), в то время как в подгруппе 3 снижение выражено в меньшей степени (на 26%). Зависимость результата от фонового уровня подчеркивается корреляциями между интервалами *PP* до и после опыта: 1 подгруппа – $r_p = 0.73$, 2 подгруппа – $r_p = 0.63$, 3 подгруппа – $r_p = 0.45$ (при $p \leq 0.05$). Изменчивость интервала в подгруппе 1, по данным $\pm SD$, остается на фоновом уровне, в подгруппе 2 и 3 снижается.

В ответ на ФН наблюдается снижение ($p \leq 0.05$) вариабельности интервала *PP* во всех трех подгруппах: в подгруппе 1 уменьшается вдвое, в подгруппе 3 – в 1.5 раза (рис. 1). Об этом же свидетельствует и сдвиг в меньшую сторону временно-го показателя *pNN50* (%) в подгруппах 1 и 2 на 29% (до 34 и 27% соответственно). В подгруппе 3 достигает лишь 6%. Таким образом, чем больше длительность интервала *PP* в контроле, тем в большей степени снижается вариабельность в опыте.

Важно определить, от чего зависит длительность и вариабельность интервала *PP*, который соответствует полному кардиоциклу на ЭКГ, и

Таблица 1. Показатели длительности интервалов (с) и величины амплитуды (mV) до и после физической нагрузки

Группа и подгруппы	ЧСС, уд./мин	Контроль				Физическая нагрузка			
		PP, с	PT, с	RD, mV	TP, с	PP, с	PT, с	RD, mV	TP, с
<i>M</i>	67	0.89	0.48	0.46	0.41	0.53**	0.42	0.31**	0.11**
<i>SD</i>	5	0.20	0.05	0.21	0.16	0.07	0.04	0.18	0.04
<i>min</i>	45	0.50	0.38	0.10	0.04	0.36	0.33	0.05	0.01
<i>max</i>	95	1.57	0.64	0.90	0.99	0.96	0.59	0.75	0.48
Счет	15	750	750	750	750	750	750	750	750
1	45	1.33	0.60	0.66	0.73	0.66	0.47	0.51	0.19
	56	1.07	0.50	0.33	0.57	0.64	0.48	0.17	0.16
	57	1.06	0.55	0.18	0.51	0.62	0.52	0.15	0.10
	58	1.04	0.46	0.23	0.58	0.55	0.39	0.17	0.16
	60	1.00	0.44	0.72	0.56	0.53	0.41	0.61	0.13
<i>M</i>	55	1.11*	0.51	0.42*	0.60*	0.60**	0.45	0.32	0.15**
<i>SD</i>	6	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
Счет	5	250	250	250	250	250	250	250	250
2	61	0.98	0.49	0.72	0.49	0.58	0.45	0.56	0.13
	63	0.96	0.50	0.30	0.46	0.40	0.36	0.22	0.04
	67	0.90	0.52	0.60	0.38	0.60	0.44	0.48	0.16
	69	0.87	0.47	0.72	0.40	0.46	0.40	0.41	0.06
	77	0.78	0.47	0.51	0.32	0.47	0.39	0.24	0.08
<i>M</i>	67	0.90*	0.49	0.57*	0.41*	0.50**	0.41	0.38**	0.09**
<i>SD</i>	6	0.1	0.03	0.1	0.1	0.1	0.04	0.13	0.1
Счет	5	250	250	250	250	250	250	250	250
3	85	0.71	0.47	0.53	0.25	0.48	0.41	0.26	0.07
	87	0.69	0.41	0.56	0.27	0.50	0.38	0.46	0.12
	88	0.68	0.41	0.49	0.27	0.47	0.39	0.25	0.08
	90	0.67	0.44	0.15	0.23	0.54	0.41	0.07	0.13
	95	0.63	0.44	0.19	0.19	0.50	0.39	0.11	0.11
<i>M</i>	89	0.68*	0.44	0.38*	0.24*	0.50	0.40	0.23**	0.10**
<i>SD</i>	4	0.1	0.03	0.2	0.1	0.04	0.02	0.19	0.04
Счет	5	250	250	250	250	250	250	250	250

Примечание: * – разница достоверна при $p \leq 0.05$ между подгруппами, ** – разница достоверна при $p < 0.05$ до и после физической нагрузки.

какие электрические свойства отражают различия длительности общей систолы и диастолы в подгруппах.

Интервал *PP* – это объединенные по длительности и вариабельности ЭКГ элементы *PT* и *TP*.

Интервал *PT* – показатель движения объединенной волны потенциалов действия (ПД) кардиомиоцитов по миокарду, соответствует на ЭКГ фазе абсолютной рефрактерности. ПД на поверхности тела уменьшен примерно в 100 раз ($\times 10^{-2}$) против ПД одиночных миоцитов [1, 16]. Как видно из табл. 1, процесс деполяризации в контроле

занимает у испытуемых от 0.60 до 0.41 с. Показатель малоизменчив, различается у обследуемых с большими (подгруппа 1) и меньшими (подгруппа 3) длительностями интервала *PP* на 15%. Изменчивость интервала *PT* в подгруппе 1, судя по данным $\pm SD$, в 2.5 раза больше, чем в подгруппах 2 и 3 (табл. 1). Вариабельность интервала *PT* незначительна (рис. 1). Зависимость результата от уровня в контроле подчеркивается корреляциями между интервалами *PT* до и после опыта: 1 подгруппа – $r_p = 0.72$, 2 подгруппа – $r_p = 0.70$, 3 подгруппа – $r_p = 0.80$ (при $p \leq 0.05$). Длительность и вариабель-

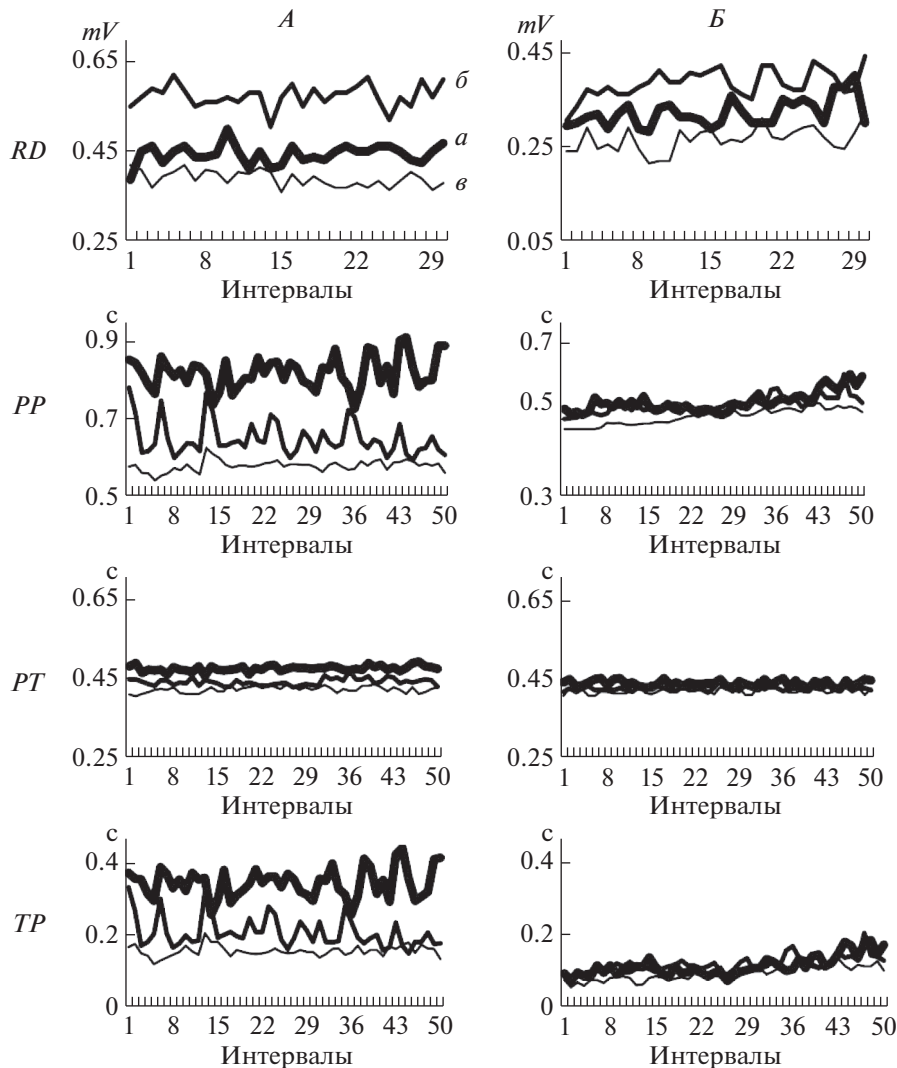


Рис. 1. Объединенные кардиоамплитудограммы (КАГ) и кардиоинтервалограммы (КИГ).

a – 1 подгруппа, *б* – 2 подгруппа, *в* – 3 подгруппа; *A* – до физической нагрузки, *Б* – после физической нагрузки; по горизонтали – количество интервалов, по вертикали – длительность, *с* (интервалы) и вольтаж, *mV* (*RD*).

ность периода деполяризации и фазы абсолютной рефрактерности практически не зависят от ФН. Изменение длительности интервала *PT* в пределах 10–12%. Из КИГ (рис. 1) показателей до и после ФН видно, что вариабельность фазы абсолютной рефрактерности в ответ на ФН остается на уровне контроля (в пределах ± 0.02 с).

Второй показатель, который влияет на длительность интервала *PP*, – это сегмент *TP*. Интервал (сегмент) *TP* характеризует длительность процесса реполяризации и фазы относительной рефрактерности. *TP* отличается значительной изменчивостью и вариабельностью – от 0.73 до 0.19 с в контроле, т.е. на 74% (табл. 1). В контроле длительность фазы относительной рефрактерности внутри группы достоверно ($p \leq 0.05$) различается: между 1 и 3 подгруппами – на 60%, между 2

и 3 – на 41% (табл. 1). Изменчивость фазы относительной рефрактерности в подгруппах находится на одном уровне ($\pm SD$, с). Вариабельность продолжительности процесса реполяризации миокарда находится в пределах ± 0.1 с в подгруппах 1 и 2, что в два раза превышает ($p \leq 0.05$) вариабельность в подгруппе 3 – ± 0.05 с (рис. 1). Вариабельность интервала *TP* в подгруппах 1 и 2 превышает в два раза эти показатели в подгруппе 3. Другими словами, чем больше длительность *TP* в контроле, тем больше ($p \leq 0.05$) его вариабельность.

Под действием ФН в подгруппах 1 и 2 длительность сегмента *TP* снизилась на 77–78%, в подгруппе 3 – на 58%. На этом основании, исходя из индивидуальных данных (табл. 1), следует, что степень снижения длительности интервала (сег-

мента) TP зависит от фонового уровня. Это подчеркивается и корреляциями между интервалами TP до и после опыта: 1 подгруппа – $r_p = 0.87$, 2 подгруппа – $r_p = 0.68$, 3 подгруппа – $r_p = 0.52$ (при $p \leq 0.05$). Изменчивость показателя в подгруппах 1 и 2, судя по данным $\pm SD$ (с), после ФН не изменяется, в подгруппе 3 – уменьшается. На рис. 1 видно, что в опыте вариабельность сегмента TP подгруппах 1 и 2 достоверно ($p \leq 0.05$) снижается вдвое. Следует отметить сходство кардиоинтервалограмм интервала PP и сегмента TP . Таким образом, продолжительность и вариабельность общей длительности электрической систолы и диастолы на 90% зависит от длительности и вариабельности фазы относительной рефрактерности.

В отличие от интервальных показателей, регистрация амплитуд в большей степени зависит от сопротивления тканей. Абсолютная величина амплитуд потенциала действия отдельных клеток уменьшается на два порядка (с +40 до 0.40 mV). В связи с этим, следует сравнивать ПД на поверхности тела у одного и того же испытуемого до и после воздействий, не меняя положения электродов. Кроме того, убывание потенциала связано с тем, что передача между миоцитами идет за счет электрического сигнала [7, 9], который в соответствии с законом Ома, при последовательном включении убывает. По данным табл. 1 охват миокарда деполяризацией, т.е. передача возбуждения в массиве от одного миоцита к другому (фаза абсолютной рефрактерности), реализуется за 0.5 с.

Абсолютные величины амплитуды характеризуют большую изменчивость ($\pm SD$ около 0.2 mV). По сравнению с величиной ПД одиночных кардиомиоцитов (+40 mV) суммарная величина амплитуды не превышает десятых долей (табл. 1). В такой же степени малы уровни амплитуд RD и после ФН. В то же время относительные значения этого показателя более наглядны. Как видно из сравнения данных в табл. 1 по внутригрупповым результатам до и после ФН, изменяются уровни амплитуды, они составляют по подгруппам снижение электрических свойств на 20–40%: в 1 подгруппе на 20%, во 2 и 3 подгруппах – на 30 и 40% соответственно. Корреляция между ΔPT и ΔRD $r_p = 0.42$ (при $p \leq 0.05$).

Анализ данных КАГ (рис. 1) величины до и после ФН позволяет составить представление о том, в какой степени в суммарном эффекте, регистрируемом на поверхности тела, отражаются электрические свойства одиночных кардиомиоцитов. Амплитуды ПД кардиомиоцитов на поверхности тела уменьшаются до 0.2–0.7 mV на 1.5–2 порядка против +40 mV в миоцитах. Зависимость результата в опыте от уровня в контроле во всех трех группах подчеркивается корреляциями

Таблица 2. Корреляции (r_p) между среднегрупповыми показателями электрических свойств миокарда до и после физической нагрузки

Контроль	Контроль			
	PP	PT	RD	TP
PP	–	0.80	0.19	0.98
PT	0.80	–	–0.16	0.68
RD	0.19	–0.16	–	0.22
TP	0.98	0.68	0.22	–
Опыт	Опыт			
	PP	PT	RD	TP
PP	–	0.87	0.17	0.85
PT	0.87	–	0.07	0.48
RD	0.17	0.07	–	0.25
TP	0.85	0.48	0.25	–
Контроль	Опыт			
	PP	PT	RD	TP
PP	0.64	0.60	0.34	0.51
PT	0.62	0.70	0.16	0.35
RD	0.005	–0.02	0.92	0.05
TP	0.59	0.52	0.37	0.62

Примечание: корреляции достоверны при $p \leq 0.05$.

между амплитудами RD до и после опыта: 1 подгруппа – $r_p = 0.98$, 2 подгруппа – $r_p = 0.83$, 3 подгруппа – $r_p = 0.89$ (при $p \leq 0.05$).

На рис. 2 наглядно показана взаимосвязь между интервалами и амплитудами и ее динамика под действием ФН.

Приняв первую величину RD (до ФН) за 100% (независимо от абсолютного условия), находим, что вторая цифра (после ФН) меньше первой на 20–40% ($p \leq 0.05$). В подгруппе 1 длительность линии относительной рефрактерности 0.60 с, в подгруппе 3 – около 0.24 с (разница в 2.5–3 раза). Длительность линии абсолютной рефрактерности в подгруппе 1 – 0.51 с, в подгруппе 3 – 0.44 с (разница в пределах ошибки). Из результатов следует, что все показатели отличаются в контроле по подгруппам. В ответ на ФН они сокращаются, в большей ($p \leq 0.05$) степени – сегмент TP . Это соответствует известным из литературы данным [1, 6, 8, 16] о зависимостях между процессами деполяризации и рефрактерностью.

В табл. 2 отмечены корреляции разного уровня между средними показателями.

Между интервалами PP и PT и интервалами PP и TP в контроле наблюдается высокая взаимосвязь. После опыта эти соотношения меняются: наблюдается тенденция к повышению связи меж-

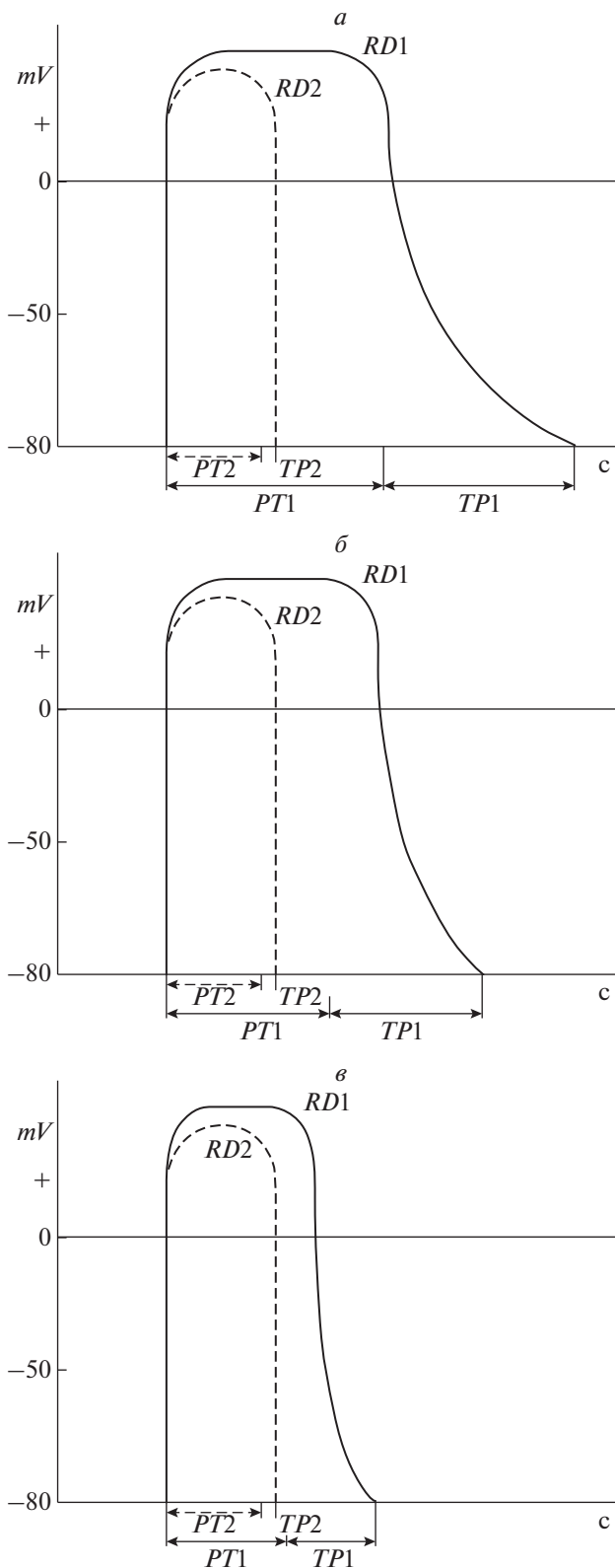


Рис. 2. Длительности фаз абсолютной (PT) и относительной (TP) рефрактерности, вольтаж амплитуды (RD). a – 1 подгруппа, $б$ – 2 подгруппа, $в$ – 3 подгруппа. 1 – до физической нагрузки, 2 – после физической нагрузки; по горизонтали – секунды, по вертикали – mV .

ду интервалами PP и PT , в тоже время ее понижение между интервалами PP и TP . Это согласуется с полученными результатами: PT после опыта не меняется, что свидетельствует об усилении взаимосвязи времени деполяризации с общей продолжительностью систолы и диастолы, в то время как сегмент TP сокращается (взаимосвязь несколько ослабевает).

Проанализировав полученные интервально-амплитудные данные, установили разную реакцию показателей длительности интервалов и амплитуд на кратковременную физическую нагрузку типа пробы Мартине у обследуемых с разным уровнем ЧСС. Разница в длительности и вариативности интервалов между контролем и опытом наблюдается в большей степени в группе с низкими ЧСС, в амплитудах – в группе с высокими ЧСС.

ВЫВОДЫ

1. Длительности интервалов PP , PT , TP и вольтаж амплитуды RD при ФН зависят от исходного уровня этих показателей в контроле. Корреляции соответственно $PP - r_p = 0.64$, $PT - r_p = 0.70$, $TP - r_p = 0.62$, $RD - r_p = 0.92$.

2. В контроле корреляции между интервалами PP и PT (от $r_p = 0.80$), PP и TP (от $r_p = 0.98$). В опыте – соответственно между $r_p = 0.87$ и $r_p = 0.85$.

3. После физической нагрузки длительность фазы абсолютной рефрактерности остается на уровне контроля (в среднем -0.48 ± 0.05 с), в то время, как длительность фазы относительной рефрактерности уменьшается в 4 раза.

4. Вольтаж амплитуды и длительность сегмента TP наиболее полно, по сравнению с другими элементами ЭКГ, отражают электрические свойства миокарда у человека в состоянии относительного покоя и при ФН.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 года и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом Сыктывкарского государственного университета имени Питирима Сорокина (Сыктывкар).

Информированное согласие. Каждый участник исследования предоставил добровольное письменное информационное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берне Р.М., Леви М.А. Физиология сердечно-сосудистой системы / Фундаментальная и клиническая физиология // Под ред. Камкина А.Г., Каменского А.А. М.: Академия, 2004. С. 513.
2. Шмаков Д.Н., Роцевский М.П. Активация миокарда. Сыктывкар: Издательство Института физиологии Коми НЦ УрО РАН, 1997. 165 с.
3. Заменина Е.В., Пантелеева Н.И., Роцевская И.М. Электрическая активность сердца в период реполяризации желудочков у людей с разной устойчивостью к гипоксии // Физиология человека. 2019. Т. 45. № 6. С. 59.
Zamenina E.V., Panteleeva N.I., Roshchevskaya I.M. Heart Electrical Activity during Ventricular Repolarization in Subjects with Different Resistances to Hypoxia // Human Physiology. 2019. V. 45. № 6. P. 634.
4. Goldberger A.L., Goldberger Z.D., Shvilkin A. Clinical Electrocardiography: A Simplified Approach E-Book 9th Ed. Elsevier, 2019. 288 p.
5. Noble A., Johnson R., Thomas A., Bass P. The Cardiovascular System. Basic science and clinical Conditions. Toronto, 2010. 184 p.
6. Клинке Р. Проведение возбуждения между клетками. Глава: Электрические синапсы / Фундаментальная и клиническая физиология // Под ред. Камкина А.Г., Каменского А.А. М.: Академия, 2004. С. 263.
7. Смирнов В.М. Новое представление о механизме проведения возбуждения по рабочему миокарду // Российский кардиологический журнал. 2007. № 1(63). С. 74.
8. Камкин А.Г. Общая физиология возбудимых тканей / Фундаментальная и клиническая физиология // Под ред. Камкина А.Г., Каменского А.А. М.: Академия, 2004. С. 101.
9. Кубасов И.В., Бобков Д.Е. Оптические и электрические ответы кардиомиоцитов в изолированном сердце крысы при развитии гипоксии // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2018. Т. 104. № 6. С. 670.
10. Иванов Г.Г. Структура variability сердечного ритма при анализе PP- и PR-интервалов у больных с различными формами ИБС / Новые методы электрокардиографии // Под ред. Грачева С.В., Иванова Г.Г., Сыркина А.Л. М.: Техносфера, 2007. С. 518.
11. Буйкова О.М., Булнаева Г.И. Функциональные пробы в лечебной и массовой физической культуре: учебное пособие. Иркутск: ИГМУ, 2017. 24 с.
12. Шутков А.Б., Корней К.В., Мацканюк А.А. Тенденции антагонистов сердечного ритма в адаптивных реакциях после физической нагрузки // American Scientific Journal. 2019. Т. 1. № 27. С. 14.
13. Катмаков П.С., Гавриленко В.П., Бушов А.В. Биометрия. Учебное пособие для вузов. М.: Юрайт, 2019. 177 с.
14. Унгурану Т.Н., Гржибовский А.М. Краткие рекомендации по описанию, статистическому анализу и представлению данных в научных публикациях // Экология человека. 2011. № 5. С. 55.
15. Аварханов М.А. Биометрия в сфере физической культуры и спорта. М.: МПГУ, 2015. 122 с.
16. Pappano A.J., Wier W.G. Cardiovascular Physiology. E-Book: Mosby Physiology Monograph Series (Mosby's Physiology Monograph), 11 th Ed. Elsevier, 2018. 504 p.

Interval-Amplitude Indicators of Electrical Properties of Myocardium in Human under Physical Load

L. I. Irzhak^{a,*}, N. G. Russkikh^{a,**}

^a*Syktvyvkar State University named after Pitirim Sorokin, Syktvyvkar, Russia*

*E-mail: irzhak31@mail.ru

**E-mail: rung76@mail.ru

The purpose of the work is to determine the duration of the intervals of PP, PT and TP and the voltage of the RD amplitude in a person under the action of a motor load such as a Martine test, which is necessary to take into account the phases of refractivity during the cardiocycle. Based on the records of 1.500 cardiocycles in 15 examined young men aged 18–19 years old, data were obtained on the duration of the intervals of PP, PT and TP, as well as the amplitudes of RD before and after exposure to physical activity. It was found that in the control, the duration of depolarization, the phase of absolute refractoriness (PT interval) ranges from 0.51 ± 0.1 to 0.44 ± 0.03 s, i.e. within the error of the method, independent of the level of heart rate. The duration of repolarization, the phase of relative refractoriness (TP segment) varies between 0.60 ± 0.1 to 0.24 ± 0.1 s. After the experiment, the duration of absolute refractoriness does not change, relative – decreases 0.15 ± 0.1 – 0.10 ± 0.04 s. In this case, the relations between PP and PT and PP and TP change before and after the experiment. The amplitudes, represented as the relative (%) difference between their state before and after the load, are minimal for longer PP intervals (about 20%) and maximum for the shortest PP intervals (up to 40%). In all cases, the action of the Martine test is accompanied by a decrease in the level of variability of all indicators of the myocardial electrical activity. The above results indicate a change in the nature of the relationship between indicators of the electrical properties of the myocardium in humans under the influence of a stressful situation.

Keywords: electrocardiography, myocardium, intervals, amplitudes, depolarization, repolarization, refractory phase, Martine test, person.