

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ВРЕМЕННЫХ И АМПЛИТУДНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКГ У ЛЮДЕЙ ПОЖИЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА

Л.И. Иржак* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3459-7848>

Н.Г. Русских* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4413-8258>

А.Н. Паршукова* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7297-3395>

*Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина
(Республика Коми, г. Сыктывкар)

Цель работы – определить влияние клиностатической пробы на показатели электрических свойств миокарда у людей пожилого и старческого возраста, ведущих активный образ жизни. **Материалы и методы.** Обследованы 38 человек в возрасте от 70 до 90 лет, жителей северного города (Сыктывкар, 61° с. ш.), ведущих активный образ жизни. Показатели электрических свойств миокарда определяли до и после клиностатической пробы. Для этого проводили запись электрокардиограммы во II стандартном отведении в положении обследуемых стоя и лежа. **Результаты.** Методом парных сравнений у людей пожилого и старческого возраста показано снижение частоты сердечных сокращений под действием клиностатической пробы от 76 ± 11 уд./мин до 67 ± 8 уд./мин. Установлено, что вариабельность элементов электрокардиограммы по данным показателя pNN50 (доля сопредельных интервалов N–N, разность между которыми более 50 мс) у людей пожилого и старческого возраста в положении стоя в среднем в 2 раза ниже, чем в положении лежа. Интервал PP увеличивался от $0,81 \pm 0,12$ с (положение стоя) до $0,90 \pm 0,10$ с (положение лежа). Интервал RT практически не менялся, оставаясь на уровне $(0,46 \pm 0,07) - (0,49 \pm 0,07)$ с. Сегмент TP возрос от $0,35 \pm 0,10$ с до $0,42 \pm 0,10$ с. Амплитуда RD в положении стоя составила $1,04 \pm 0,43$ мВ, в положении лежа – $0,88 \pm 0,30$ мВ, скорость распространения деполяризации по миокарду – 245 ± 137 и 205 ± 106 мм/с соответственно. Обсуждается механизм реакций противоположного типа на клиностатическую пробу – увеличение длительностей кардиоинтервалов и уменьшение амплитудных показателей.

Ключевые слова: электрокардиограмма, люди пожилого и старческого возраста, кардиоинтервалы, кардиоамплитуды, клиностатическая проба, электрические свойства миокарда.

Согласно «энергетическому правилу скелетных мышц», которое в 80-х годах прошлого столетия сформулировал профессор И.А. Ар-

шавский [1], двигательная активность служит важнейшим фактором и условием формирования и расходования энергии в организме на

Ответственный за переписку: Иржак Лев Исакович, адрес: 167000, Республика Коми, г. Сыктывкар, просп. Октябрьский, д. 55; e-mail: irzhak31@mail.ru

Для цитирования: Иржак Л.И., Русских Н.Г., Паршукова А.Н. Вариабельность временных и амплитудных показателей ЭКГ у людей пожилого и старческого возраста // Журн. мед.-биол. исследований. 2021. Т. 9, № 4. С. 355–365. DOI: 10.37482/2687-1491-Z073

всех этапах индивидуального развития. Не меньшее значение имеет, очевидно, и создание благоприятных условий для дополнительной поддержки уровня энергетического баланса. Имеются сведения о том, что у людей, способных поддерживать жизненную активность, коэффициент утилизации кислорода в среднем на 20 % выше, чем у людей, которые вынужденно соблюдают постельный режим [2]. В настоящее время клиническая и фундаментальная физиология не имеют достаточно полного представления об особенностях физических и ментальных затрат энергии в условиях города и сельской местности. Это проблемы не только медико-биологического, но и социального характера.

Современные геронтология и гериатрия располагают значительным объемом знаний о медико-биологических особенностях организма людей пожилого и старческого возраста [2–18]. Следует отметить, что исследования людей пожилого и старческого возраста с применением электрокардиограммы (ЭКГ) решают в основном клинические задачи, в значительно меньшей степени рассматриваются фундаментальные проблемы возрастной физиологии [19–22]. Известно, что вариабельность показателей ЭКГ с возрастом уменьшается [2, 21], однако частота сердечных сокращений (ЧСС) людей пожилого и старческого возраста находится практически на том же уровне, что и у людей на 50 лет моложе [23–25]. Предстоит выяснить, в какой мере эти результаты обусловлены фундаментальными, в частности электрическими, свойствами показателей работы миокарда.

Цель работы – определить влияние клино-статической пробы (КСП) на показатели электрических свойств миокарда у людей пожилого и старческого возраста, ведущих активный образ жизни.

Материалы и методы. Объектом исследования послужили интервальные и амплитудные показатели ЭКГ 38 человек в возрасте от 70 до 90 лет, давших добровольное информированное согласие на участие в эксперименте. Все обследуемые являлись пенсионерами, не-

которые из них работали в учреждениях города, большинство занимались хозяйственными делами по дому и на приусадебных участках. Работа проводилась в летние и осенние месяцы 2020 года в г. Сыктывкаре (61° с. ш., 50° в. д.).

Запись ЭКГ во II стандартном отведении осуществляли с помощью аппаратно-программного комплекса «Поли-Спектр» («Нейрософт», г. Иваново) в положении испытуемых стоя (положение 1) и, спустя 2-3 мин, лежа на спине (положение 2). В обоих случаях запись проводили в течение 30 с. По ЭКГ определяли: ЧСС (уд./мин); длительности интервалов ЭКГ – PP, PT, сегмента TP (с); амплитуду QRS (RD, мВ); скорость распространения деполяризации по миокарду (СРД, мм/с) [26]. Вариабельность показателей оценивали по кардиоинтервалограммам и кардиоамплитудограммам, по временному показателю pNN50 (доля сопредельных интервалов N–N, разность между которыми более 50 мс, %), коэффициенту вариации (CV) и частотам распределения [27–29].

Интервалы элементов ЭКГ измеряли в миллиметрах с пересчетом в секунды для определения их длительности (50 мм = 1 с) и пересчетом в милливольты для оценки амплитуды (20 мм = 1 мВ).

Статистическую обработку результатов исследования проводили с помощью пакета прикладных программ Excel 2010 [30]. В работе учитывали средние арифметические значения (M), стандартные отклонения (SD) и лимиты (min , max). Различия между данными считали статистически значимыми при $p < 0,05$. При обработке результатов использовали метод парных сравнений по критерию знаков z , уровень значимости различий при этом принимали $p < 0,001$. Корреляции между показателями определяли по критерию Пирсона (r_p).

Результаты. Значения ЧСС у северян в возрасте от 70 лет и старше, ведущих активный образ жизни, соответствовали ранее полученным данным [2]. При этом выявлены значительные индивидуальные различия (табл. 1). Так, в положении 1 ЧСС варьировала от 53 до 97 уд./мин. Столь же значительные различия

Таблица 1

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЛЮДЕЙ ПОЖИЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА
HEART RATE VARIABILITY IN OLDER ADULTS

Обследуемый (пол/возраст, годы)	ЧСС, уд./мин		pNN50, %		CV	
	1	2	1	2	1	2
Ж/73	85	69*	0	0	2	1
Ж/83	70	68	0	0	1	2
Ж/85	94	91	0	35*	1	20*
Ж/70	71	71	0	0	3	2
Ж/80	68	61	0	6	2	2
Ж/72	67	63	0	2	3	3
Ж/70	62	61	0	22*	2	2
М/72	56	61	0	0	3	3
Ж/70	78	69	0	5	1	12*
Ж/70	93	86	0	0	1	1
Ж/70	79	65*	0	3	8	8
М/81	82	67*	0	7	5	4
Ж/83	68	66	0	6	2	11*
М/83	79	70	2	6	5	8
Ж/89	87	71*	2	6	3	8
Ж/83	79	64*	3	37*	6	17*
Ж/70	70	65	3	3	9	4
Ж/88	87	77*	3	4	7	5
Ж/81	69	66	3	0	8	2
М/73	77	67*	5	0	7	2
М/90	74	65	6	9	3	4
Ж/70	87	85	6	6	4	5
Ж/75	68	60	6	32*	8	14
Ж/86	80	72	6	0	9	3
Ж/70	97	65*	7	16	12	36*
Ж/80	71	66	11	20*	4	6
Ж/88	80	65*	13	31	6	7
Ж/71	86	74*	19	0*	11	2*
М/88	74	72	25	19	4	4
Ж/90	94	70*	28	44*	6	6
Ж/71	53	54	30	2*	13	2*
Ж/70	61	54	36	69*	17	19
Ж/72	86	71*	68	69	9	16
М/71	67	57*	69	38*	7	8
Ж/77	67	61	59	23*	12	9
Ж/83	78	78	71	71	25	22
Ж/86	73	61*	80	81	24	26
Ж/80	58	56	88	84	26	37*
М	76	67	17	22	7	10
SD	11	8	26	25	6	9
Min	53	54	0	0	1	1
Max	97	91	88	84	26	37

Примечание: м – мужчина; ж – женщина; 1 – положение стоя; 2 – положение лежа; * – установлены статистически значимые различия между показателями по z-критерию ($p < 0,001$).

установлены и по коэффициенту вариации. Под действием КСП происходило уменьшение ЧСС в среднем на 11 % при парном сравнении с помощью z -критерия ($p < 0,001$). В более ранних наших исследованиях под действием КСП и пробы Мартине у молодых людей в возрасте 18–19 лет брадикардия со снижением ЧСС в среднем на 20 % сопровождалась увеличением ударного объема на 25–40 % за счет прироста скорости кровотока [4, 25]. У людей пожилого и старческого возраста отмечены нулевые показатели variability, судя по pNN50 [29], которые свидетельствуют о высокой степени напряжения в положении 1, что связано с затратой энергии на поддержание постурального баланса [16, 17]. Существенно, что в ряде случаев у людей пожилого и старческого возраста это напряжение сохранялось и под действием КСП.

Среднее значение pNN50 в положении 1 у обследуемых составило 17 ± 26 %, под действием КСП наблюдалось повышение в среднем до 20 ± 25 %. Показаны значительные индивидуальные отличия данного показателя у людей пожилого и старческого возраста: в положении 1 он находился на уровне от 0 до 9 % у 2/3 всей группы, в остальных случаях – был значительно выше. Отмечена обратная связь между variability по данным pNN50 и ЧСС (рис. 1).

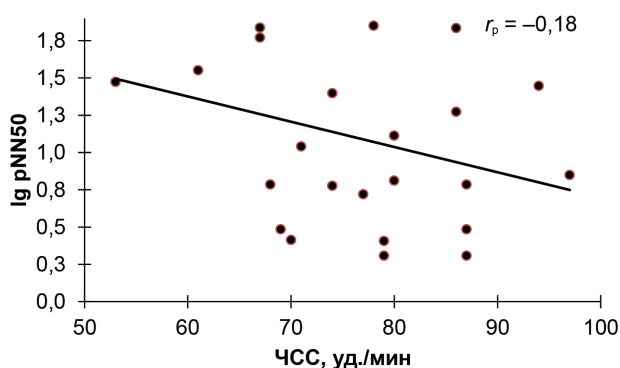


Рис. 1. Зависимость между ЧСС и pNN50 у людей пожилого и старческого возраста

Fig. 1. Correlation between heart rate and pNN50 in older adults

Установлено, что variability элементов ЭКГ по показателю pNN50 (табл. 1) у людей пожилого и старческого возраста соответствует величинам, характерным для человека молодого возраста [25].

Как известно [11], variability представляет собой характеристику второго плана. На первом плане – частота ритма импульсов из синоатриального узла (САУ).

Длительность интервалов ЭКГ у людей пожилого и старческого возраста при КСП статистически значимо возрастала, а уровень амплитудных показателей столь же значимо снижался (табл. 2; $p < 0,001$).

Вариability показателей различалась: наибольшей variability обладали длительности интервала PP и сегмента TP, наименьшей – длительности интервала PT. Действительно, деполяризация распространяется по клеткам миокарда, преодолевая фазу абсолютной рефрактерности, т. е. фазу пониженной возбудимости клеток.

Известно, что КСП относится к числу немногих видов физических воздействий на организм, которые сопровождаются уменьшением ЧСС. Длительности интервалов ЭКГ при этом увеличиваются [4].

Интервал PP служит показателем, объединяющим более короткие элементы ЭКГ: PT, TP и др. По результатам обследования людей пожилого и старческого возраста, в среднем по выборке длительность интервала PP в положении 1 составила $0,81 \pm 0,12$ с и возрастала до $0,90 \pm 0,10$ с в положении 2. Длительность интервала PT была вдвое меньше и соответствовала $0,46 \pm 0,07$ с в положении 1 и $0,49 \pm 0,07$ с в положении 2. Длительность сегмента TP была наиболее динамична до и после действия КСП.

Вариability интервалов зависит от индивидуальных особенностей человека и от вида интервалов. В настоящем исследовании наименьшую variability демонстрировал интервал PT, наибольшую – сегмент TP. Эти особенности проявлялись и в корреляциях между PP и PT, где $r_p = 0,07$, тогда как между PP и TP

Таблица 2
 ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИНТЕРВАЛОВ И АМПЛИТУДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКГ У ЛЮДЕЙ ПОЖИЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА
 INTERVAL DURATION AND ECG AMPLITUDE INDICATORS IN OLDER ADULTS

№	PP, c		PT, c		TP, c		RD, мВ		СРД, мм/с	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	0,77±0,02	0,87±0,03*	0,54±0,04	0,56±0,05	0,23±0,04	0,31±0,06	0,76±0,09	0,50±0,06*	133±16	106±16*
2	0,99±0,08	1,12±0,15*	0,57±0,04	0,57±0,06	0,42±0,08	0,56±0,15*	0,62±0,05	0,50±0,03*	111±26	90±11*
3	0,62±0,03	0,92±0,06*	0,45±0,04	0,55±0,04*	0,17±0,04	0,37±0,04*	0,61±0,06	0,70±0,04	124±17	121±7
4	0,85±0,02	0,84±0,02	0,40±0,02	0,39±0,02	0,45±0,02	0,46±0,03	0,75±0,03	0,75±0,03	130±10	131±12
5	0,97±0,03	0,99±0,03	0,58±0,03	0,59±0,02	0,39±0,04	0,40±0,04	1,26±0,07	0,67±0,04*	219±33	125±18*
6	0,69±0,04	0,71±0,05	0,48±0,04	0,49±0,04	0,21±0,04	0,22±0,05	1,06±0,08	0,95±0,06*	185±25	175±16*
7	0,86±0,02	0,93±0,02	0,38±0,01	0,38±0,02	0,48±0,02	0,55±0,02	1,20±0,09	1,12±0,06	294±59	254±36*
8	0,76±0,03	0,92±0,02*	0,33±0,02	0,36±0,01	0,43±0,04	0,57±0,02*	1,01±0,08	0,86±0,06*	665±84	567±55*
9	0,89±0,05	1,05±0,09*	0,38±0,02	0,38±0,02	0,51±0,06	0,67±0,09*	0,82±0,05	0,69±0,04*	133±9	115±7*
10	1,13±0,07	1,12±0,04	0,57±0,03	0,57±0,03	0,56±0,07	0,55±0,04	1,41±0,08	1,12±0,08*	182±13	157±16*
11	0,70±0,03	0,81±0,03*	0,49±0,03	0,51±0,03	0,21±0,03	0,30±0,03	1,79±0,09	1,29±0,05*	328±39	213±18*
12	0,89±0,05	0,95±0,04	0,52±0,04	0,56±0,02	0,37±0,04	0,39±0,04	1,07±0,19	0,97±0,05*	177±18	144±10*
13	0,70±0,06	0,84±0,11*	0,39±0,02	0,42±0,03	0,31±0,06	0,42±0,11*	2,08±0,09	1,51±0,05*	597±124	366±52*
14	1,07±0,02	0,99±0,03	0,39±0,01	0,40±0,02	0,68±0,02	0,60±0,04	0,86±0,07	0,82±0,06	139±14	139±9
15	0,78±0,01	0,89±0,01*	0,40±0,02	0,41±0,02	0,38±0,03	0,48±0,03*	1,01±0,05	0,92±0,05	186±26	196±17*
16	0,88±0,04	1,00±0,04*	0,56±0,03	0,58±0,02	0,32±0,04	0,42±0,05*	0,99±0,10	0,83±0,07*	148±15	123±23*
17	0,89±0,07	0,99±0,10*	0,63±0,04	0,67±0,02	0,26±0,06	0,32±0,10	1,86±0,08	1,44±0,21*	212±13	195±21*
18	0,88±0,02	0,98±0,02*	0,44±0,02	0,46±0,01	0,44±0,03	0,52±0,02	1,19±0,03	1,07±0,03*	173±41	151±11*
19	0,87±0,03	0,91±0,03	0,59±0,03	0,59±0,02	0,29±0,03	0,32±0,03	1,13±0,05	1,10±0,06	168±20	164±6
20	0,73±0,02	0,89±0,04*	0,31±0,01	0,32±0,02	0,43±0,02	0,57±0,04*	0,76±0,04	0,61±0,04*	538±72	440±42*
21	0,87±0,05	0,88±0,06	0,43±0,03	0,50±0,04	0,44±0,05	0,37±0,04	0,90±0,07	0,57±0,05*	227±37	179±43*
22	0,77±0,08	0,77±0,11	0,45±0,03	0,43±0,03	0,32±0,10	0,34±0,09	0,39±0,04	0,32±0,04	156±21	131±21*
23	0,76±0,02	0,86±0,03*	0,56±0,03	0,60±0,02	0,20±0,03	0,26±0,02	1,09±0,60	0,95±0,04*	195±9	149±30*
24	0,76±0,05	0,94±0,06*	0,45±0,03	0,46±0,03	0,32±0,05	0,48±0,06*	1,76±0,11	1,4±0,09*	318±69	243±54*
25	0,88±0,02	0,91±0,02	0,40±0,02	0,42±0,02	0,48±0,03	0,49±0,03	0,67±0,03	0,59±0,04	415±42	363±33*
26	0,64±0,03	0,66±0,03	0,38±0,04	0,50±0,04*	0,26±0,05	0,16±0,02*	0,60±0,07	0,50±0,02*	172±17	146±18*
27	0,75±0,07	0,83±0,02	0,38±0,02	0,41±0,02	0,37±0,07	0,42±0,03	0,96±0,08	0,82±0,07*	162±13	137±15*
28	0,82±0,19	0,99±0,33*	0,38±0,02	0,40±0,03	0,44±0,19	0,59±0,32*	0,60±0,06	0,62±0,13	377±37	343±50*
29	0,81±0,03	0,83±0,03	0,58±0,04	0,60±0,03	0,23±0,04	0,23±0,04	0,87±0,07	0,67±0,03*	207±27	170±16*
30	0,75±0,04	0,91±0,06*	0,51±0,03	0,54±0,05	0,24±0,05	0,37±0,05*	0,85±0,05	0,88±0,06	253±39	275±41*
31	0,69±0,02	0,78±0,03	0,46±0,03	0,49±0,04	0,23±0,02	0,28±0,03	0,88±0,04	0,79±0,04	184±48	127±9*
32	0,69±0,07	0,85±0,04*	0,47±0,06	0,47±0,04	0,22±0,05	0,38±0,04*	2,00±0,09	1,47±0,10	302±28	220±23*
33	0,81±0,03	0,95±0,04*	0,44±0,02	0,46±0,02	0,37±0,02	0,48±0,04*	0,74±0,04	0,71±0,04	234±34	257±39*
34	0,64±0,04	0,86±0,05*	0,50±0,04	0,52±0,02	0,14±0,04	0,34±0,05*	1,05±0,09	0,89±0,03*	260±42	188±24*
M	0,81	0,90	0,46	0,49	0,35	0,42	1,04	0,88	245	205
SD	0,12	0,10	0,07	0,07	0,10	0,10	0,43	0,30	137	106
Min	0,62	0,66	0,31	0,32	0,14	0,16	0,39	0,32	111	90
Max	1,13	1,12	0,63	0,67	0,68	0,67	2,08	1,51	665	567

Примечание: 1 – положение стоя; 2 – положение лежа; * – установлены статистически значимые различия между показателями по z-критерию ($p < 0,001$).

$r_p = 0,51$. Данные различия обусловлены возбудимостью клеток миокарда на участке записи ЭКГ.

Обсуждение. Исследование показало изменение длительности интервала РТ под действием КСП в среднем на $\pm 0,03$ с у людей пожилого и старческого возраста. Дальнейшее распространение деполяризации по миокарду со скоростью от 60 до 600 мм/с сопровождалось в данной возрастной группе увеличением variability элементов ЭКГ. На участке QRS амплитуда RD обладала такой же variability, как и интервал РР (табл. 2).

Естественен вопрос о механизме снижения вольтажа RD при КСП, выявленного в настоящем исследовании. По-видимому, действует закон Ома, заключающийся в том, что при последовательном включении элементов, по-

требляющих электрическую нагрузку, в цепи напряжение снижается. Возможно, нагрузка в виде КСП приводит к тому, что миоциты в электрической цепи связываются последовательно, отчего конечное напряжение уменьшается.

Столь значительные изменения длительности сегмента РТ при КСП свидетельствуют о том, что процесс реполяризации во время фазы относительной рефрактерности и постепенного восстановления возбудимости миокарда в разное время в кардиоциклах, следующих один за другим, отвечает на поступающие сигналы о начале очередной деполяризации. На рис. 2 представлен процесс распределения сигналов РТ по длительности. Как показали результаты, распределение носит случайный характер, тип распределения близок к нормальному.

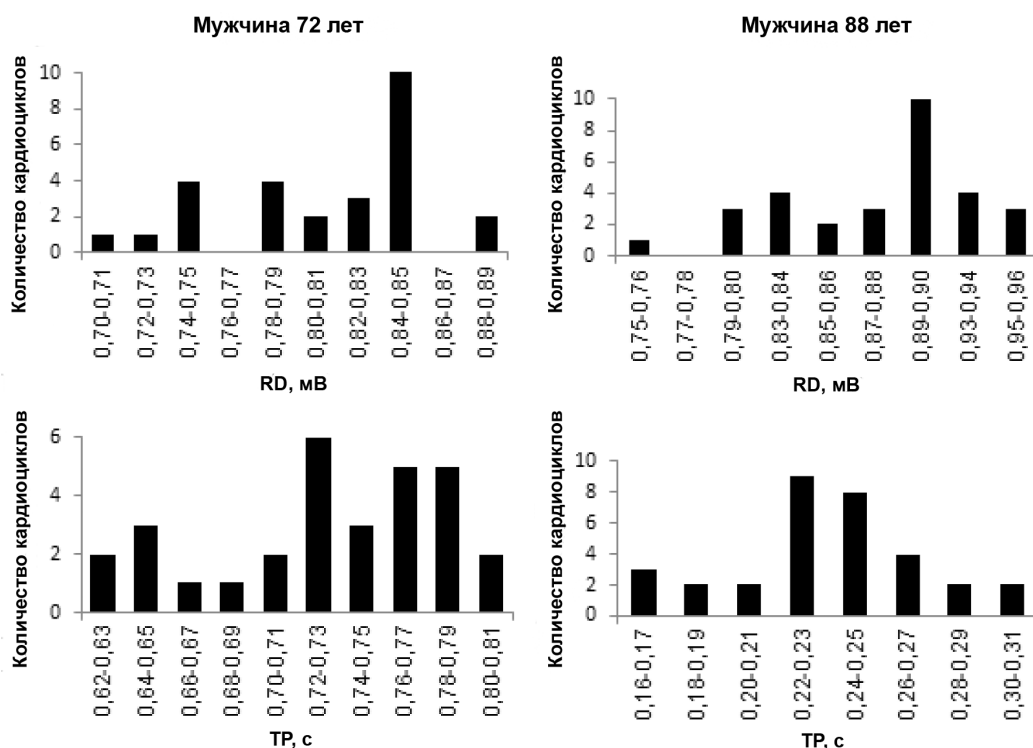


Рис. 2. Примеры распределения показателей ЭКГ по 30 кардиоциклам в положении стоя у людей пожилого и старческого возраста

Fig. 2. Examples of ECG indicators distribution over 30 cardiocycles in a standing position in older adults

Известно, что, если суммарный потенциал действия из САУ поступает после более длительного интервала, возбудимость клеток миокарда достигает к этому моменту большей величины (рис. 3).

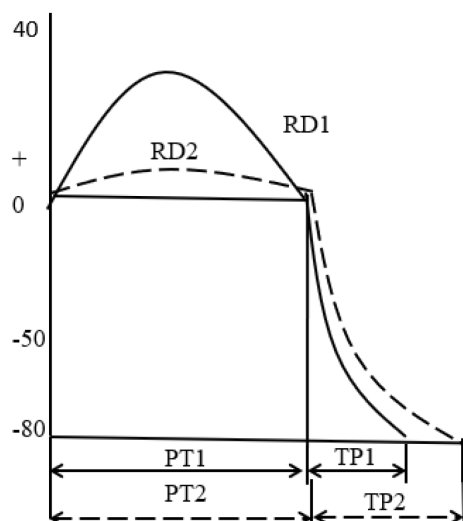


Рис. 3. Схематическое изображение соотношений между фазами рефрактерности (по [11] с изменениями)

Fig. 3. Schematic representation of the relationship between the phases of refractoriness (according to modified [11])

Соотношение между величиной суммарного потенциала действия и уровнем возбудимости миокарда можно, в качестве предположения, представить следующим образом. Начало деполяризации в период низкой возбудимости миокарда возможно лишь за счет достаточно высокого уровня суммарного потенциала действия, тогда как деполяризация при высоком уровне возбудимости миокарда может начаться при относительно низких значениях потенциала действия.

Рис. 3 иллюстрирует соотношения между фазами абсолютной и относительной рефрактерности в том виде, как они обычно бывают представлены в работах по электрофизиологии миоцитов, и отражение этих фаз в электрических характеристиках типа интервала РТ и сегмента ТР.

Результаты проведенного нами исследования показывают динамику постепенного вос-

становления возбудимости клеток миокарда после завершившегося кардиоцикла.

Таким образом, картина на плоскости в виде разной продолжительности сегмента ТР есть зеркальное отражение меняющейся возбудимости в фазе относительной рефрактерности.

Клетки САУ накапливают суммарный потенциал действия до уровня, необходимого для начала деполяризации в клетках правого предсердия. Далее этот процесс распространяется по клеткам миокарда.

Сегмент ТР соответствует началу подготовки к новому кардиоциклу. Процесс может быть очень коротким по времени, тогда сегмент ТР близок по длительности к нулю. Уровень вариабельности сегмента ТР меняется от 0 до 1 с при обычной ЧСС у здорового человека среднего возраста. Настоящее исследование показало, что у людей пожилого и старческого возраста длительность сегмента ТР распределяется по нормальному типу (см. рис. 2), что свидетельствует о случайном характере процесса. Это обеспечивается тем, что скорость восстановления взаимодействует с ритмикой процесса реполяризации миоцитов миокарда.

Полученные результаты доказывают следующее:

1. Показатели электрофизиологических свойств миокарда у людей пожилого и старческого возраста, ведущих активный образ жизни, соответствуют показателям людей среднего возраста.

2. По величине рNN50 (%) у людей пожилого и старческого возраста отмечен разный уровень отклонений индивидуальных показателей от средних интервальных и амплитудных значений.

3. Впервые для людей пожилого и старческого возраста методом парных сравнений показаны особенности амплитудных показателей и скорости распространения деполяризации по миокарду: наблюдается их снижение при проведении КСП.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Аршавский И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития. М.: Наука, 1982. 270 с.
2. Иржак Л.И. Насыщенность кислородом венозной крови человека при старении // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2013. № 4. С. 38–43.
3. Иванов Г.Г. Гл. 3. Структура вариабельности сердечного ритма при анализе PP- и PR-интервалов у больных с различными формами ИБС // Новые методы электрокардиографии / под ред. С.В. Грачева, Г.Г. Иванова, А.Л. Сыркина. М.: Техносфера. 2007. С. 518–549. (Мир биологии и медицины).
4. Иржак Л.И. Влияние постуральных проб на длительность элементов электрокардиограммы человека // Вестн. Тюмен. гос. ун-та. Экология и природопользование. 2015. Т. 1, № 4(4). С. 130–136.
5. Коркушко О.В., Писарук А.В., Асанов Э.О., Иванов Л.А., Чеботарев Н.Д. Изменения кислородтранспортной функции крови при артериальной гипоксемии у людей пожилого и старческого возраста // Буковинский медицинский вісник. 2011. Т. 15, № 3(59). С. 200–204.
6. Коркушко О.В., Чеботарев Д.Ф., Чеботарев Н.Д. Возрастные изменения дыхательной системы при старении и их роль в развитии бронхолегочной патологии // Український пульмонологічний журнал. 2005. № 3(додаток). С. 35–41.
7. Птахина И.В., Шенцицкий В.А. Особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы у долгожителей Приднестровья // Успехи геронтологии. 2019. Т. 32, № 4. С. 536–544.
8. Basile G., Cucinotta M.D., Figliomeni P., Lo Balbo C., Maltese G., Lasco A. Electrocardiographic Changes in Centenarians: A Study on 42 Subjects and Comparison with the Literature // Gerontology. 2012. Vol. 58, № 3. P. 216–220. DOI: [10.1159/000330801](https://doi.org/10.1159/000330801)
9. Flanagan D.E., Vaile J.C., Petley G.W., Moore V.M., Godsland I.F., Cockington R.A., Robinson J.S., Phillips D.I. The Autonomic Control of Heart Rate and Insulin Resistance in Young Adults // J. Clin. Endocrinol. Metab. 2019. Vol. 84, № 4. P. 1263–1267. DOI: [10.1210/jcem.84.4.5592](https://doi.org/10.1210/jcem.84.4.5592)
10. Jensen-Urstad K., Storck N., Bouvier F., Ericson M., Lindblad L.E., Jensen-Urstad M. Heart Rate Variability in Healthy Subjects Is Related to Age and Gender // Acta Physiol. Scand. 1997. Vol. 160, № 3. P. 235–241. DOI: [10.1046/j.1365-201X.1997.00142.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.1997.00142.x)
11. Noble A., Johnson R., Thomas A., Bass P. The Cardiovascular System. Basic Science and Clinical Conditions. Toronto: Elsevier, 2010. 184 p.
12. Perls T., Kunkel L.M., Puca A.A. The Genetics of Exceptional Human Longevity // J. Am. Geriatr. Soc. 2002. Vol. 50, № 2. P. 359–369. DOI: [10.1046/j.1532-5415.2002.49283.x](https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2002.49283.x)
13. Perls T., Levenson R., Regan M., Puca A. What Does It Take to Live to 100 // Mech. Ageing Dev. 2002. Vol. 123, № 2-3. P. 231–242. DOI: [10.1016/s0047-6374\(01\)00348-7](https://doi.org/10.1016/s0047-6374(01)00348-7)
14. Ribera-Casado J.M. Ageing and the Cardiovascular System // Z. Gerontol. Geriatr. 1999. Vol. 32, № 6. P. 412–419. DOI: [10.1007/s003910050138](https://doi.org/10.1007/s003910050138)
15. Saner H. Cardiovascular System and Aging // Ther. Umsch. 2005. Vol. 62, № 12. P. 827–835. DOI: [10.1024/0040-5930.62.12.827](https://doi.org/10.1024/0040-5930.62.12.827)
16. Дёмин А.В., Гудков А.Б., Долгобородова А.А., Попова О.Н., Пащенко В.П. Возрастная характеристика постурального баланса у женщин 60–69 лет // Журн. мед.-биол. исследований. 2018. Т. 6, № 4. С. 332–339. DOI: [10.17238/issn2542-1298.2018.6.4.332](https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2018.6.4.332)
17. Дёмин А.В., Гудков А.Б., Чащин В.П., Попова О.Н. Постуральный баланс и качество жизни женщин 70–74 лет // Экология человека. 2020. № 6. С. 58–64. DOI: [10.33396/1728-0869-2020-6-58-64](https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-6-58-64)
18. Рашидова А.М., Гашимова У.Ф., Кадимова З.М. Исследование активности ферментов энергообмена и состояния сердечно-сосудистой системы у лиц пожилого и старческого возраста // Успехи геронтологии. 2019. Т. 32, № 4. С. 572–580.
19. Ширяева Т.П., Федотов Д.М., Грибанов А.В. Индикаторы риска падений у женщин пожилого возраста // Журн. мед.-биол. исследований. 2021. Т. 9, № 2. С. 226–229. DOI: [10.37482/2687-1491-Z060](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z060)
20. Булгакова С.В., Булгаков С.С., Захарова Н.О., Николаева А.В., Тренева Е.В., Каторкин С.Е. Особенность вариабельности сердечного ритма у больных пожилого и старческого возраста, страдающих ишемической болезнью сердца // Клин. геронтология. 2017. № 5-6. С. 15–20.
21. Дадашова Г.М. Гендерные и возрастные особенности вариабельности сердечного ритма у практически здоровых лиц // Профилат. медицина. 2015. № 2. С. 54–58. DOI: [10.17116/profmed201518254-58](https://doi.org/10.17116/profmed201518254-58)

22. Муромцева Г.А., Деев А.Д., Константинов В.В., Шальнова С.А., Бойцов С.А. Распространенность электрокардиографических изменений у мужчин и женщин старшего возраста в Российской Федерации // Рационал. фармакотерапия в кардиологии. 2016. № 12(6). С. 711–717. DOI: [10.20996/1819-6446-2016-12-6-711-717](https://doi.org/10.20996/1819-6446-2016-12-6-711-717)
23. Морозова М.П., Евсеев А.М., Прохорова А.В., Миронова О.Г., Банзелюк Е.Н., Гаврилова С.А. Связь вегетативного тонуса девушек и юношей с их психологическим профилем личности // Физиология человека. 2020. Т. 46, № 5. С. 15–26. DOI: [10.31857/S0131164620050100](https://doi.org/10.31857/S0131164620050100)
24. Васнева Ж.П., Володин С.Н., Гнатишин В.А., Хохряков М.С. Особенности частоты сердечных сокращений (ЧСС) и вариабельности сердечного ритма (ВСР) в зависимости от музыки разных жанров // LXXIX Международные научные чтения (памяти А.Н. Леонтьева): сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 2 июля 2020 г.). М.: Европ. фонд инновац. развития, 2020. С. 62–64.
25. Иржак Л.И., Русских Н.Г. Интервально-амплитудные показатели электрических свойств миокарда у человека при физической нагрузке // Физиология человека. 2021. Т. 47, № 2. С. 56–62. DOI: [10.31857/S0131164621020028](https://doi.org/10.31857/S0131164621020028)
26. Патент № 2725058 Рос. Федерация, МПК А61В 5/00 (2006.01), А61В 5/0402 (2006.01). Способ исследования скорости распространения деполяризации в миокарде путем электрокардиографии: № 2019124372: заявл. 29.07.2019; опубл. 29.06.2020 / Иржак Л.И., Русских Н.Г., Дудникова Е.А. 4 с.
27. Рагозин А.Н. Информативность спектральных показателей вариабельности сердечного ритма // Вестн. аритмологии. 2001. № 22. С. 37–40.
28. Хаспекова Н.Б. Мониторинг вариабельности сердечного ритма сердца: диагностическая информативность // Интернет-журн. по функцион. диагностике. 2013. № 23. С. 54–67.
29. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. 236 с.
30. Наркевич А.Н., Виноградов К.А., Гржибовский А.М. Множественные сравнения в биомедицинских исследованиях: проблема и способы решения // Экология человека. 2020. № 10. С. 55–64. DOI: [10.33396/1728-0869-2020-10-55-64](https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-10-55-64)

References

1. Arshavskiy I.A. *Fiziologicheskie mekhanizmy i zakonomernosti individual'nogo razvitiya. Osnovy negentropiynoy teorii ontogeneza* [Physiological Mechanisms and Patterns of Individual Development. Fundamentals of the Negentropic Theory of Ontogenesis]. Moscow, 1982. 270 p.
2. Irzhak L.I. Nasyschennost' kislorodom venoznoy krovi cheloveka pri starenii [Oxygen Saturation of Human Venous Blood During Ageing]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2013, no. 4, pp. 38–43.
3. Ivanov G.G. Gl. 3. Struktura variabel'nosti serdechnogo ritma pri analize PP- i PR-intervalov u bol'nykh s razlichnymi formami IBS [Ch. 3. The Structure of Heart Rate Variability in the Analysis of PP- and PR-Intervals in Patients with Different Forms of Coronary Artery Disease]. Grachev S.V., Ivanov G.G., Syrkin A.L. (eds.). *Novye metody elektrokardiografii* [New Methods of Electrocardiography]. Moscow, 2007, pp. 518–549.
4. Irzhak L.I. Vliyaniye postural'nykh prob na dlitel'nost' elementov elektrokardiogrammy cheloveka [The Effect of Postural Tests on the Electrocardiogram Elements Duration]. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya i prirodopol'zovanie*, 2015, vol. 1, no. 4, pp. 130–136.
5. Korkushko O.V., Pisaruk A.V., Asanov E.O., Ivanov L.A., Chebotarev N.D. Izmeneniya kislorodtransportnoy funktsii krovi pri arterial'noy gipoksemii u lyudey pozhilogo i starcheskogo vozrasta [Changes of the Blood Oxygen-Transport Function in Case of Arterial Hypoxemia in Elderly and Senile People]. *Buk. Med. Herald*, 2011, vol. 15, no. 3, pp. 200–204.
6. Korkushko O.V., Chebotarev D.F., Chebotarev N.D. Vozrastnye izmeneniya dykhatel'noy sistemy pri starenii i ikh rol' v razvitiy bronkholegochnoy patologii [Age Changes of Respiratory System with Aging and Their Role in Development of the Bronchopulmonary Pathology]. *Ukrains'kiy pul'monologichniy zhurnal*, 2005, no. 3 (suppl.), pp. 35–41.
7. Ptakhina I.V., Sheptitskiy V.A. Osobennosti funktsional'nogo sostoyaniya serdechno-sosudistoy sistemy u dolgozhiteley Pridnestrov'ya [Features of the Functional State of the Cardiovascular System of Long-Livers of Pridnestrovie (Transnistria)]. *Uspekhi gerontologii*, 2019, vol. 32, no. 4, pp. 536–544.
8. Basile G., Cucinotta M.D., Figliomeni P., Lo Balbo C., Maltese G., Lasco A. Electrocardiographic Changes in Centenarians: A Study on 42 Subjects and Comparison with the Literature. *Gerontology*, 2012, vol. 58, no. 3, pp. 216–220. DOI: [10.1159/000330801](https://doi.org/10.1159/000330801)

9. Flanagan D.E., Vaile J.C., Petley G.W., Moore V.M., Godsland I.F., Cockington R.A., Robinson J.S., Phillips D.I. The Autonomic Control of Heart Rate and Insulin Resistance in Young Adults. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2019, vol. 84, no. 4, pp. 1263–1267. DOI: [10.1210/jcem.84.4.5592](https://doi.org/10.1210/jcem.84.4.5592)
10. Jensen-Urstad K., Storck N., Bouvier F., Ericson M., Lindblad L.E., Jensen-Urstad M. Heart Rate Variability in Healthy Subjects Is Related to Age and Gender. *Acta Physiol. Scand.*, 1997, vol. 160, no. 3, pp. 235–241. DOI: [10.1046/j.1365-201X.1997.00142.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.1997.00142.x)
11. Noble A., Johnson R., Thomas A., Bass P. *The Cardiovascular System. Basic Science and Clinical Conditions*. Toronto, 2010. 184 p.
12. Perls T., Kunkel L.M., Puca A.A. The Genetics of Exceptional Human Longevity. *J. Am. Geriatr. Soc.*, 2002, vol. 50, no. 2, pp. 359–369. DOI: [10.1046/j.1532-5415.2002.49283.x](https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2002.49283.x)
13. Perls T., Levenson R., Regan M., Puca A. What Does It Take to Live to 100. *Mech. Ageing Dev.*, 2002, vol. 123, no. 2-3, pp. 231–242. DOI: [10.1016/s0047-6374\(01\)00348-7](https://doi.org/10.1016/s0047-6374(01)00348-7)
14. Ribera-Casado J.M. Ageing and the Cardiovascular System. *Z. Gerontol. Geriatr.*, 1999, vol. 32, no. 6, pp. 412–419. DOI: [10.1007/s003910050138](https://doi.org/10.1007/s003910050138)
15. Saner H. Cardiovascular System and Aging. *Ther. Umsch.*, 2005, vol. 62, no. 12, pp. 827–835. DOI: [10.1024/0040-5930.62.12.827](https://doi.org/10.1024/0040-5930.62.12.827)
16. Demin A.V., Gudkov A.B., Dolgoborodova A.A., Popova O.N., Pashchenko V.P. Age Characteristics of Postural Balance in Women Aged 60–69 Years. *J. Med. Biol. Res.*, 2018, vol. 6, no. 4, pp. 332–339. DOI: [10.17238/issn2542-1298.2018.6.4.332](https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2018.6.4.332)
17. Demin A.V., Gudkov A.B., Chashchin V.P., Popova O.N. Postural'nyy balans i kachestvo zhizni zhenshchin 70–74 let [Postural Balance and Quality of Life of 70–74 Years Old Women]. *Ekologiya cheloveka*, 2020, no. 6, pp. 58–64. DOI: [10.33396/1728-0869-2020-6-58-64](https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-6-58-64)
18. Rashidova A.M., Gashimova U.F., Kadimova Z.M. Issledovanie aktivnosti fermentov energoobmena i sostoyaniya serdechno-sosudistoy sistemy u lits pozhilogo i starcheskogo vozrasta [Study of Energy Metabolism Enzymes and State of Cardiovascular System in Elderly and Senile Age Patients]. *Uspekhi gerontologii*, 2019, vol. 32, no. 4, pp. 572–580.
19. Shiryaeva T.P., Fedotov D.M., Griбанov A.V. Indicators of the Risk of Falls in Older Women. *J. Med. Biol. Res.*, 2021, vol. 9, no. 2, pp. 226–229. DOI: [10.37482/2687-1491-Z060](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z060)
20. Bulgakova S.V., Bulgakov S.S., Zakharova N.O., Nikolaeva A.V., Treneva E.V., Katorkin S.E. Osobennost' variabel'nosti serdechnogo ritma u bol'nykh pozhilogo i starcheskogo vozrasta, stradayushchikh ishemicheskoy boleznyu serdtsa [Peculiarities of Indexes of Heart Rate Variability in Geriatric Patients with Ischemic Heart Disease]. *Klinicheskaya gerontologiya*, 2017, no. 5-6, pp. 15–20.
21. Dadashova G.M. Gendernye i vozrastnye osobennosti variabel'nosti serdechnogo ritma u prakticheski zdorovykh lits [Gender- and Age-Related Characteristics of Heart Rate Variability in Apparently Healthy Individuals]. *Profilakticheskaya meditsina*, 2015, no. 2, pp. 54–58. DOI: [10.17116/profmed201518254-58](https://doi.org/10.17116/profmed201518254-58)
22. Muromtseva G.A., Deev A.D., Konstantinov V.V., Shalnova S.A., Boytsov S.A. The Prevalence of Electrocardiographic Indicators Among Men and Women of Older Ages in the Russian Federation. *Ration. Pharmacother. Cardiol.*, 2016, vol. 12, no. 6, pp. 711–717 (in Russ.). DOI: [10.20996/1819-6446-2016-12-6-711-717](https://doi.org/10.20996/1819-6446-2016-12-6-711-717)
23. Morozova M.P., Evseev A.M., Banzelyuk E.N., Gavrilova S.A., Prokhorova A.V., Mironova O.G. Autonomic Tone Is Associated with Psychological Personality Profile in Girls and Boys. *Hum. Physiol.*, 2020, vol. 46, no. 5, pp. 473–482. DOI: [10.1134/S0362119720050102](https://doi.org/10.1134/S0362119720050102)
24. Vasneva Zh.P., Volodin S.N., Gnatishin V.A., Khokhryakov M.S. Osobennosti chastoty serdechnykh sokrashcheniy (ChSS) i variabel'nosti serdechnogo ritma (VSR) v zavisimosti ot muzyki raznykh zhanrov [Heart Rate (HR) and Heart Rate Variability (HRV) Depending on Music of Different Genres]. *LXXXIX Mezhdunarodnye nauchnye chteniya (pamyati A.N. Leont'eva)* [79th International Scientific Readings (in Memory of A.N. Leontyev)]. Moscow, 2020, pp. 62–64.
25. Irzhak L.I., Russkikh N.G. Interval'no-amplitudnye pokazateli elektricheskikh svoystv miokarda u cheloveka pri fizicheskoy nagruzke [Interval-Amplitude Indicators of Electrical Properties of Myocardium in Human Under Physical Load]. *Fiziologiya cheloveka*, 2021, vol. 47, no. 2, pp. 56–62. DOI: [10.31857/S0131164621020028](https://doi.org/10.31857/S0131164621020028)
26. Irzhak L.I., Russkikh N.G., Dudnikova E.A. *Method of Analysing Rate of Depolarization in Myocardium by Electrocardiography*. Patent RF no. 2725058, 2020 (in Russ.).
27. Ragozin A.N. Informativnost' spektral'nykh pokazateley variabel'nosti serdechnogo ritma [Self-Descriptiveness of Spectral Metrics of the Heart Rate Variability]. *Vestnik aritmologii*, 2001, no. 22, pp. 37–40.

28. Khaspekova N.B. Monitoring variabel'nosti serdechnogo ritma serdtsa: diagnosticheskaya informativnost' [Monitoring of Heart Rate Variability: Diagnostic Informational Content]. *Internet-zhurnal po funktsional'noy diagnostike*, 2013, no. 23, pp. 54–67.

29. Baevskiy R.M., Berseneva A.P. *Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostey organizma i risk razvitiya zabolevaniy* [Assessing the Body's Adaptation Potential and the Risk of Disease]. Moscow, 1997. 236 p.

30. Narkevich A.N., Vinogradov K.A., Grjibovski A.M. Mnozhestvennye sravneniya v biomeditsinskikh issledovaniyakh: problema i sposoby resheniya [Multiple Comparisons in Biomedical Research: The Problem and Its Solutions]. *Ekologiya cheloveka*, 2020, no. 10, pp. 55–64. DOI: [10.33396/1728-0869-2020-10-55-64](https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-10-55-64)

DOI: 10.37482/2687-1491-Z073

Lev I. Irzhak* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3459-7848>

Nadezhda G. Russkikh* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4413-8258>

Aleksandra N. Parshukova* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7297-3395>

*Syktyvkar State University named after Pitirim Sorokin
(Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation)

VARIABILITY OF TIME AND AMPLITUDE ECG INDICATORS IN OLDER ADULTS

The **purpose** of this article was to determine the effect of the clinostatic test on the electrical properties of the myocardium in older adults leading an active lifestyle. **Materials and methods.** The study involved 38 people aged between 70 and 90 years living in a northern city (Syktyvkar, 61°N) and leading an active lifestyle. The indicators of the electrical properties of the cardiac muscle were determined before and after the clinostatic test. For this purpose, an ECG was recorded in the standard lead II in the standing and lying positions. **Results.** Using the method of paired comparisons, we showed a decrease in heart rate under the influence of the clinostatic test from 76 ± 10 beats/min to 64 ± 10 beats/min. The variability of ECG components according to pNN50 (the percentage of successive NN intervals differing from each other by more than 50 ms) in older adults in the standing position was, on average, two times lower than in the lying position. The PP interval increased from 0.81 ± 0.12 s (in the standing position) to 0.90 ± 0.10 s (in the lying position). The PT interval remained practically unchanged, staying at the level of $(0.46 \pm 0.07) - (0.49 \pm 0.07)$ s. The TP segment grew from 0.35 to 0.42 ± 0.10 s. The RD amplitude was 1.04 ± 0.43 mV in the standing and 0.88 ± 0.30 mV in the lying position; the propagation rate of depolarization in the cardiac muscle was 245 ± 137 and 205 ± 106 mm/s, respectively. In addition, the paper discussed the mechanism of opposite reactions to the clinostatic test, i.e. increasing duration of cardiointervals and decreasing amplitude indicators.

Keywords: electrocardiogram, older adults, cardiointervals, cardioamplitudes, clinostatic test, electrical properties of the myocardium.

Поступила 26.04.2021

Принята 02.09.2021

Received 26 April 2021

Accepted 2 September 2021

Corresponding author: Lev Irzhak, address: prosp. Oktyabr'skiy 55, Syktyvkar, 167000, Respublika Komi, Russian Federation; e-mail: irzhak31@mail.ru

For citation: Irzhak L.I., Russkikh N.G., Parshukova A.N. Variability of Time and Amplitude ECG Indicators in Older Adults. *Journal of Medical and Biological Research*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. 355–365. DOI: 10.37482/2687-1491-Z073