Вестник Тюменского государственного университета.
Экология и природопользование. 2015. Том 1. № 4(4). 130-136

© Л. И. ИРЖАК
Научно-образовательный центр «Проблемы гипоксии»
Сыктывкарского государственного университета
им. Питирима Сорокина
labgip@syktsu.ru, irzhak@syktsu.ru, irzhak31@mail.ru

УДК 612.111

ВЛИЯНИЕ ПОСТУРАЛЬНЫХ ПРОБ НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ ЧЕЛОВЕКА[*]

THE EFFECT OF POSTURAL TESTS ON THE ELECTROCARDIOGRAM ELEMENTS DURATION

В лабораторном эксперименте с участием 8 студентов-баскетболистов мужского пола в возрасте 17-25 лет определяли влияние ортоклиностатической пробы (ОКП) и клиноортостатической пробы (КОП) на функциональные свойства сердечной мышцы. В работе представлены средние значения (M±SD, с) длительностей элементов электрокардиограмм (PP, PT и TP) по 100 кардиоциклам, кардиоинтервалограммы (КИГ) и результаты спектрального анализа (СА) вариабельности сердечного ритма.

В позиции испытуемых стоя (фон) длительности PP составили 0,75±0,10 с; PT — 0,48±0,03 с; TP — 0,28±0,08 с. Доля PT в общей длительности PP, принятой за 100%, равна 64%, доля TP — 36%. Корреляции (rp) между PP и PT бнаходились в пределах 0,28±0,13; между PP и TP — 0,88±0,08. На графиках КИГ отмечена минимальная вариабельность PT, а также более значительная и практически одинаковая степень вариабельностей PP и TP.

В позиции испытуемых лежа (ОКП) проявлялась брадикардия с увеличением длительности PP до 1,01±0,12 с; PT до 0,53±0,04 с; TP до 0,48±0,11 с. Доля PT в общей длительности PP снизилась до 52%, доля TP возросла до 48%. Корреляции между PP и PT — 0,30±0,09, между PP и TP — 0,94±0,06. На графиках КИГ вариабельность PT по-прежнему минимальна, вариабельности PP и TP в равной степени увеличены.

В позиции испытуемых стоя (КОП) показатели возвращаются к уровню фона. СА показал увеличение плотности массива HF от 370±340 (фон) до 3860±2175 (ОКП) и спад до 412±330 (КОП) мс^2. Массив VLF изменялся от 1111±483 (фон) до 1517±1080 (ОКП) и до 1862±1261 (КОП) мс^2. LF — от 1046±519 до 2290±1759 и далее до 1368±828 мс^2.

The effect of orthoclinostatic test (OCT) and clinoorthostatic test (COT) on the heart muscle properties have been studied. Eight male basketball-players aged 17-25 years volunteered in the tests. There were shown the mean value (M±SD, sec) of electrocar-

* Автор приносит благодарность тренеру Н. И. Бодрухину за помощь в организации данной серии исследований.

© ФГБОУ ВО Тюменский государственный университет

diogram elements (PP, PT, and TP) duration for 100 cardiac cycles, cardiointervalogram (CIV) and spectral power (SP) of the heart rate variability.

In upright position, PP duration was 0.75±0.10 sec; PT — 0.48±0.03 sec; TP — 0.28±0.08 sec. PT partition amounts as much as 64% of the total PP duration, TP — 36%. Correlation (rp) of PP/PT was 0.28±0.13; PP/TP — 0.88±0.08. CIV demonstrated minimal variability as compared to higher PP and TP variability.

Bradicardia was revealed in a lying position (OCT), PP duration increased up to 1.01±0.12 sec; PT — up to 0.53±0.04 sec; TP — up to 0.48±0.11 sec. PT partition amounts as much as 52% of the total PP duration, TP — 48%. PP/PT correlation was 0.30±0.09; PP/TP — 0.94±0.06. CIV/PP variability was at minimal level as before, PP and TP increased comparatively.

In an upright position (COT), all indices returned to base level. SP had shown that HF increased from 370±340 (base) to 3860±2175 (OCT) and decreased to 412±330 ms^2 (COT). VLF changed from 1111±483 (base) up to 1517±1080 and then to 1862±1261 ms^2. LF changed from 1046±519 to 2290±1759 and then to 1368±828 ms^2.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Электрокардиограмма, длительность элементов, постуральные пробы.

KEY WORDS. Electrocardiogram, elements duration, postural tests.

Важнейшие функциональные связи между элементами ЭКГ, выявляемые в результате применения постуральных проб (ПП), продолжают привлекать внимание физиологов по мере того, как в исследовательскую практику вовлекаются новые методы анализа функций и решения задач фундаментального и прикладного характера, существенных для моделирования кардиогемодинамических эффектов [1, 9]. Так, в ряде работ опубликован анализ длительностей элементов электрокардиограммы (ЭКГ) при некоторых ПП [2, 8]. Отмечено, что наиболее вариабельны длительности сегмента ТР — электрической диастолы. Значимость этих исследований очевидна, однако их недостаточно для того, чтобы представить общий характер соотношений между длительностями элементов сердечного цикла при постуральных воздействиях.

Цель исследования

Определить длительности элементов РР, РТ и ТР электрокардиограммы взрослого человека при ортоклиностатической (КОП) и клиноортостатической (КОП) постуральных пробах (ПП).

Материалы и методы

В экспериментах в качестве испытуемых участвовали 8 студентов, занимающихся баскетболом. Их средней возраст — 22 года (от 17 до 25), рост — 190 см (от 184 до 198), масса тела — 83,3 кг (от 68,4 до 100,6). На аппарате «Полиспектр-Радио» (Россия, Нейрософт) записывались ЭКГ во II отведении по 100 кардиоциклов до и после ПП. Позиции — фоновая (стоя), ОКП (лежа) и, через 4 мин, — КОП (стоя). Регистрация ЭКГ проводилась на первой мин в каждой из позиций. Результаты измерений обрабатывались с помощью программного обеспечения «Полиспектр» (прибор ВНС-ритм). Во внимание принимались длительности элементов ЭКГ — РР (кардиоциклов), РТ (предсердно-желудочковых комплексов) и ТР (электрических диастол). Измерения проводились с помощью линейки — цена 1 мм соответствует 0,02 с. Объединенные данные по каждой из трех позиций (n=800) представлены в виде среднего (M) и стандартного отклонения (SD), кардиоинтервалограмм (КИГ) и показателей спектрального анализа (СА). Достоверность различий оценивали по t-критерию, считая их существен-

ными при p=0,001. С учетом нормального распределения кардиоциклов рассчитаны корреляции по Пирсону (r_p) между PP и PT, между PP и TP.

Результаты и обсуждение

В позиции стоя (А) у испытуемых длительность интервалов PP (табл. 1) соответствует ЧСС порядка 80 уд./мин$^{-1}$.

Таблица 1

Длительности элементов ЭКГ испытуемых (M±SD, с)

позиция	1	2	3
А	0,75±0,10	0,48±0,03	0,28±0,08
Б	1,01±0,12*	0,53±0,04	0,48±0,11*
В	0,76±0,12	0,49±0,04	0,27±0,10

Примечание: позиции А — стоя, Б — лежа, В — стоя.
* — разница между длительностью элемента в позициях Б и А достверна при p<0,001.
1 — PP; 2 — PT; 3 — TP

В позиции испытуемых лежа (Б) под действием ОКП интервалы PP уменьшены на 1/3 против начальной длины, т. е. ЧСС сокращена в среднем до 60 уд./мин$^{-1}$. Длительность интервалов PT предсердно-желудочкового комплекса ЭКГ остается практически неизмененной, в то время как сегмент TP — электрическая диастола — удлиняется на 40% против фона. Возвращение к позиции стоя под влиянием КОП (В) приводит к восстановлению величины исследованных показателей ЭКГ до уровня фона. Под влиянием ПП характерным образом меняются соотношения между длительностями элементов ЭКГ в общей длине кардиоциклов (PP), принятой за 100% в каждой из позиций:

Таблица 2

Изменение в соотношениях между длительностями элементов ЭКГ

А		Б		В	
PT	TP	PT	TP	PT	TP
64	36	52	48	64	36

Как мы видим, соотношения между PT и TP от фоновых 2/3 к 1/3 в позиции стоя (А) изменяются до практически одинаковых в позиции Б при брадикардии, в результате ОКП. Соотношения между PT и TP возвращаются до исходных величин под влиянием КОП (В).

Существенно, что для динамики длительностей интервалов PT характерна наименьшая величина изменчивости (±SD) по сравнению с PP и TP (табл. 1). Эти особенности демонстрируются также на объединенных КИГ (рис. 1)

Наряду с минимальной вариабельностью длительностей PT во всех позициях очевидна и существенно большая, практически одинаковая динамика PP и TP.

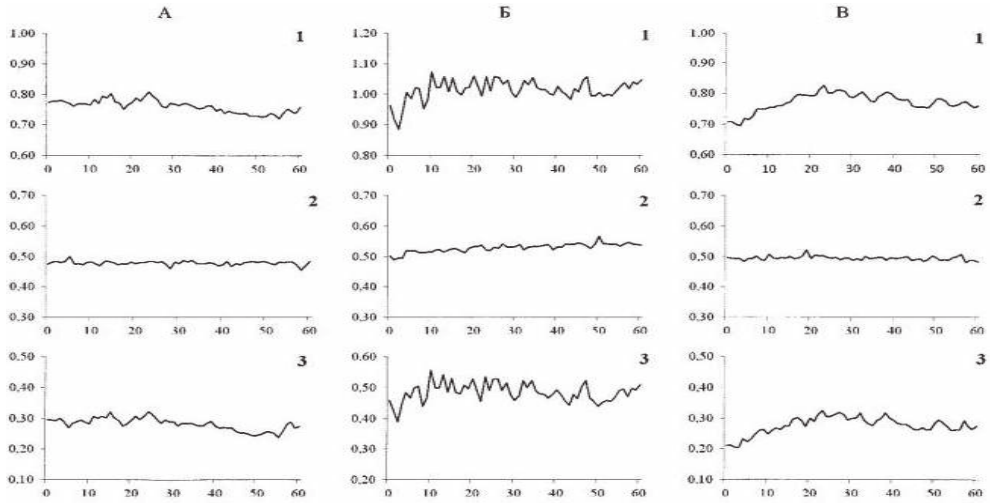

Рис. 1. Объединенные кардиоинтервограммы испытуемых.
Обозначения: 1 — РР; 2 — РТ; 3 — ТР. По вертикали — длительность интервалов, с. По горизонтали — номера кардиоциклов.
Позиции: стоя (А), лежа (Б), стоя (В)

Показателен эффект увеличения вариабельности в позиции испытуемых лежа (Б), когда в качестве срочной реакции проявляется «нагрузка объемом» [5] и формируется новый, после предыдущей позиции стоя (А), ритм гемодинамики. В исследованиях, которые были проведены ранее с участием этой же группы испытуемых [3], показано, что под действием ОКП умеренная брадикардия со снижением ЧСС в среднем на 20% сопровождается приростом УО на 35-40%. Наблюдаемый отрицательный хронотропный эффект связан с увеличением сердечного выброса, что означает, очевидно, проявление положительного инотропного эффекта. Известно, что менее частые, но более мощные сокращения сердечной мышцы позволяют уменьшить затраты энергии на ее работу [6, 11, 12]. В заключительной части эксперимента в позиции испытуемых стоя отмечено восстановление вариабельности примерно к 30-му кардиоциклу 1-й мин записи ЭКГ (рис. 1, В).

Результаты исследований, приведенные выше, показывают, что в условиях ПП динамика ВСР зависит от длительностей сегмента ТР. Об этом свидетельствуют r_p между длительностями РР и ТР, достигающие величин, близких к 1 (табл. 3).

В то же время r_p между РР и РТ во всех позициях минимальны.

Результаты применения СА ВСР позволяют обсудить роль нейрогуморальных факторов в формировании вариабельности элементов ЭКГ при ПП. Изменчивость показателей СА (табл. 4) зависит от индивидуальных особенностей реакции сердечно-сосудистой системы испытуемых.

Тем не менее, существенен тот факт, что плотность массива HF возрастает примерно в 10 раз ($p<0,05$) при перемене позиции от фоновой (стоя) к позиции лежа, а затем возвращается в такой же степени к первому уровню. Динамика компонентов VLF и LF в условиях проведенного эксперимента более противоречива. На основе имеющихся представлений о механизмах СА [7, 10] характерная динамика HF свидетельствует о влиянии парасимпатического, вагусного

Таблица 3

Корреляции между длительностями элементов ЭКГ испытуемых

Статистические показатели	А		Б		В	
	PP/PT	PP/TP	PP/PT	PP/TP	PP/PT	PP/TP
M	0,28	0,88	0,30	0,94	0,37	0,88
SD	0,13	0,08	0,09	0,06	0,18	0,14
min	0,11	0,72	0,15	0,81	0,14	0,56
max	0,47	0,94	0,42	0,98	0,71	0,99

Таблица 4

Спектральные показатели ВСР испытуемых

	TP			VLF			LF			HF		
	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В
M	2527	7667	3643	1111	1517	1862	1046	2290	1368	370	3860*	412
SD	1037	4353	2147	483	1080	1261	519	1759	828	340	2175	330
min	1446	1301	886	458	249	136	418	291	459	100	572	57
max	4451	13927	6730	1926	3029	3439	1977	5929	2680	989	6112	1000

Примечание: * разница между величинами HF в позициях А и Б достоверна при $p<0,05$.

эффекта в организации ритма вариабельности сегмента TP — электрической диастолы.

Заключение

При измерении длительностей элементов ЭКГ в работе учтены интервалы PT от начала деполяризации до завершения реполяризации миокарда, а также сегмент TP. Длительности комплексного интервала PT и электрической диастолы TP в сумме соответствуют длине кардиоцикла (PP или RR). Значимость измерений по интервалам PP отмечена в литературе [4]. Постуральные пробы типа орто- и клиностатических приводят к перераспределению кровотока, связанному с увеличением или уменьшением «нагрузки объемом» [5]. При этом системные реакции замедления или ускорения ритма работы сердца проявляются в перераспредлении длительностей элементов ЭКГ, рассмотренных в настоящей работе. Действительно, определяя длительности интервалов на протяжении 800 кардиоциклов, мы пришли к выводу, что вариабельность элемента PT оказывается в пределах ±15%, в то время как вариабельность TP — в пределах ±40%. Существенно, что вариабельность такого кардиогемодинамического показателя, как длительность элементов PP и TP на 80-90% идентична. Отсюда следует, что спектральный анализ ВСР, определяемый по PP-интервалам

в условиях экспериментов с постуральными пробами, примененными в настоящей работе, содержит информацию, главным образом, о вариабельностях ТР. Это обстоятельство представляет большой интерес, т. к. при ортоклиностатических пробах было отмечено преимущественное влияние парасимпатических, вагусных эффектов на реакции сердечно-сосудистой системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма: история и философия, теория и практика / Р. М. Баевский // Клиническая информатика и телемедицина. 2004. № 1. С. 54-65.
2. Бутченко Л. А. О генезе синусовой брадикардии / Л. А. Бутченко, В. В. Ведерников, В. С. Светличная // Теория и практика физической культуры. 1986. № 8. С. 46-47.
3. Дерновой Б. Ф. Кардиогемодинамика при вызванных изменениях венозного возврата к сердцу у северян / Б. Ф. Дерновой, Л. И. Иржак // Экология человека. 2013. № 12. С. 48-51.
4. Иванов Г. Г. Структура вариабельности сердечного ритма при анализе PP- и PR-интервалов у больных с различными формами ИБС / Г. Г. Иванов; отв. ред. С. В. Грачев, Г. Г. Иванов, А. Л. Сыркин // Мир биологии и медицины. Новые методы электрокардиографии. М.: Техносфера, 2007. Раздел V. Гл. 3. С. 518-549
5. Карпман В. Л. Изменения сердечных выбросов при некоторых физиологических состояниях / В. Л. Карпман, В. В. Парин // Физиология кровообращения. Физиология сердца. Л. Наука. 1980. С. 275-280.
6. Карпман В. Л. Величины сердечного выброса / В. Л. Карпман, В. В. Парин // Физиология кровообращения. Физиология сердца. Л. Наука. 1980. С. 271-272.
7. Рагозин А. Н. Информативность спектральных показателей вариабельности сердечного ритма / А. Н. Рагозин // Вестник аритмологии. 2001. № 22. С. 37-40.
8. Сорокин О. В, Елфименко В. Г., Титенко А. В. Особенности дисперсии RR-, QT- и TQ-периодов у подростков при проведении ортостатической пробы // Медицина и образование в Сибири: сетевое научное издание. 2012. № 4. URL: http//:ngmu.ru/cozo/mos/articke/text__full.php?id=761
9. Ушаков И. Б. Новые технологии оценки здоровья у практически здоровых людей / И. Б. Ушаков, О. И. Орлов, Р. М. Баевский, Е. Ю. Берсенев, А. Г. Черникова // Росс. физиол. ж. им. И. М. Сеченова. 2013. Т. 99. № 3. С. 313-319.
10. Хаспекова Н. Б. Мониторинг вариабельности ритма сердца: диагностическая информативность. Интернет-журнал по функциональной диагностике. URL: www.fdpro.ru
11. Jibbs C. J. Cardiac energetics / C. J. Jibbs // Physiol. rewiews. 1978. Vol. 58. Pp. 174-254.
12. Reindell H. Herz-Kreislaufkrankungen und Sport / H. Reindell. Münich, 1960. 301 p.

REFERENCES

1. Bayevsky R. M. Analiz variabelnosti serdechnogo ritma: istoriya i filosofiya, teoriya i praktika [Analysis of Heart Rhythm Variability: History and Philosophy, Theory and Practice] // Klinich. informatika i telemedicina [Clinical Informatics and Telemedicine]. 2004. No 1. Pp. 54-65. (In Russian)
2. Butchenko L. A., Vedernikov V. V., Svetlichnaya V. S. O geneze sinusovoy bradikardii [Genesis of Sinus Bradycardia] // Teoriya i praktika fizicheskoy kultury [Theory and Practice of Physical Culture]. 1986. No 8. Pp. 46-47. (In Russian)

3. Dernovoy B. F., Irzhak L. I. Kardiogemodinamika pri vyzvannyh izmeneniyah venoznogo vozvrata k serdcu u severyan [Cardiohaemodinamics at the Caused Changes of Venous Return to Heart among the People of the North] // Ekologiya cheloveka [Human Ecology], 2013. No 12. Pp. 48-51. (In Russian)
4. Ivanov G. G. Struktura variabelnosti serdechnogo ritma pri analize PP- i PR-intervalov u bolnyh s razlichnymi formami IBS [Variability Structure of Heart Rhythm in the Analysis of PP-and PR Intervals among the Patients with Various Forms of CAD] // Mir biologii i mediciny. Novye metody elektrokardiografii [The World of Biology and Medicine. New Methods of Electrocardiography]. 2007. M.: Tekhnosfera. Chapter 5. Pp. 51-549. (In Russian)
5. Karpman V. L., Parin V. V. Izmeneniya serdechnyh vybrosov pri nekotoryh fiziologicheskih sostoyaniyah [Changes of Heart Emissions at Some Physiological States] // Fiziologiya krovoobrascheniya. Fiziologiya serdca [Blood Circulation Physiology. Heart Physiology], 1980. Leningrad: Nauka [Science]. Pp. 275-280. (In Russian)
6. Karpman V. L., Parin V. V. Velichiny serdechnogo vybrosa [Heart Emissions] // Fiziologiya krovoobrascheniya. Fiziologiya serdca [Blood Circulation Physiology. Heart Physiology], 1980. Leningrad: Nauka [Science]. Pp. 271-272. (In Russian)
7. Ragozin A. N. Informativnost spektralnyh pokazateley variabelnosti serdechnogo ritma [Information on Spectral Indicators of Heart Rhythm Variability] // Vestnik aritmologii [Arrhythmology Herald]. 2001. No 22. Pp. 37-40. (In Russian)
8. Sorokin O. V. Osobennosti dispersii RR-, QT- i TQ-periodov u podrostkov pri provedenii ortostaticheskoy proby [Features of Dispersion of RR-, QT-and the TQ Periods among Teenagers when Carrying Out Orthostatic Test] // Medicina i obrazovanie v Sibiri: setevoe nauchnoe izdanie [Medicine and Education in Siberia: Online Scientific Publication]. 2012. No 4. http//:ngmu.ru/cozo/mos/articke/text__full.php?id=761 (In Russian)
9. Ushakov I. B., Orlov O. I., Bayevsky R. M., Bersenev E. Yu., Chernikova A. G. Novye tehnologii ocenki zdorovya u prakticheski zdorovyh lyudey [New Technologies of Health Assessment of Healthy People] // Ross. fiziol. zh. named after. I. M. Sechenov [Russian Journal on Physiology (Formerly I. M. Sechenov Physiological Journal)]. 2013. Vol. 99. No 3. Pp. 313-319. (In Russian)
10. Khaspekova N. B. Monitoring variabelnosti ritma serdca: diagnosticheskaya informativnost [Monitoring of Heart Rhythm Variability: Diagnostic Informational Content] // Internet-zhurnal po funkcionalnoy diagnostike [Online Journal on Functional Diagnostics]. www.fdpro.ru (In Russian)
11. Jibbs C. J. Cardiac energetics. Physiol. rewiews. 1978. Vol. 58. Pp. 174-254.
12. Reindell H. Herz-Kreislaufkrankungen und Sport. Münich, 1960. 301 p. (In German)

Автор публикации

Иржак Лев Исакович — доктор биологических наук, профессор, руководитель научно-образовательного центра «Проблемы гипоксии» Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина

Author of the publication

Lev I. Irzhak — Dr. Sci. (Biol.), Professor, Head of Hypoxia Problems Science and Education Center, The Pitirim Sorokin Syktyvkar State University