

ОСОБЕННОСТИ ДИСПЕРСИИ RR-ИНТЕРВАЛОВ И ST-СЕГМЕНТА В ХОДЕ ОРТОСТАЗА

О. В. Сорокин, Д. Ф. Зейналов

ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Новосибирск)

В настоящей работе изучены 5-минутные отрезки кардиоинтервалографии (КИГ) с выделением RR- и ST-диапазонов в сравнении. Впервые предложен функциональный подход (субфазовый анализ КИГ), позволяющий на системном уровне количественно оценить молекулярно-биофизические явления, происходящие в фазу плато потенциала действия сократительного кардиомиоцита по данным дисперсии сегмента ST.

Ключевые слова: кардиоинтервалография, субфазовый анализ, функциональный подход, сердечный цикл, сегмент ST.

Сорокин Олег Викторович — кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет», рабочий телефон: 8 (383) 292-67-09, e-mail: biokvant@mail.ru

Зейналов Девран Фикрад оглы — студент 2-го курса педиатрического факультета ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет», e-mail: devranzeynalov@mail.ru

Актуальность. Согласно международной номенклатуре в потенциале действия (ПД) сократительного кардиомиоцита выделяют 4 основные фазы [2]. В фазу медленной реполяризации (2-я фаза ПД) происходят закономерные события, связанные с одновременным гиперполяризующим ионным током K^+ и деполяризующим током Ca^{++} , формирующими феномен фазы плато. Молекулярно-биологические явления, происходящие в эту фазу, достаточно сложны. Так, в начале фазы медленной реполяризации происходит инактивация 2-компонентного K^+/CL — тока (транзиторный ток: I_{To1} , I_{To2}). В то же время начинает включаться многокомпонентный $K^{\pm}$ ток задержанного выпрямления (I_{Ks} , I_{Kr} , I_{Kur}). Параллельно в течение фазы плато открываются Ca -каналы L типа ($CaV1.2$), обеспечивающие деполяризующий Ca^{++} -ток. Оба тока (гиперполяризующий K^+ и деполяризующий Ca^{++}) являются объектом фармакологического воздействия при коррекции патологических состояний (III группа — блокаторы калиевых каналов и IV группа — блокаторы кальциевых каналов). И если к положительным моментам действия калиевых блокаторов можно отнести увеличение длительности эффективного рефрактерного периода, то с блокаторами Ca^{++} -каналов сложнее, и единственным эффектом, не вызывающим сомнения, является положительный

лузитропный эффект (повышение эффективности расслабления кардиомиоцита в период изометрического расслабления сердечного цикла, что повышает конечно-диастолический объем желудочков) [3].

Однако калибровать дозы Ca^{++} - и K^{+} -блокаторов достаточно сложно, поэтому клиницисту необходим простой функциональный метод, который на системном уровне сможет количественно оценить явления, происходящие в фазу плато. В этот период ПД происходит электромеханическое сопряжение в кардиомиоцитах, связанное с фазой изометрического напряжения и периодом изгнания сердечного цикла. Так, в течение всего лишь 30 мс фазы изометрического сокращения миокард желудочков формирует колоссальное усилие, развивая внутрижелудочковое давление примерно со скоростью 2,5 тыс. мм рт. ст./с, а в период изгнания испытывает на себе противодействие совокупности факторов, обозначаемых как постнагрузка. Это объясняет, почему именно эти фазы являются наиболее уязвимыми при «метаболическом голоде» во время ишемических состояний. Электрофизиологически это проявляется изменениями в сегменте ST.

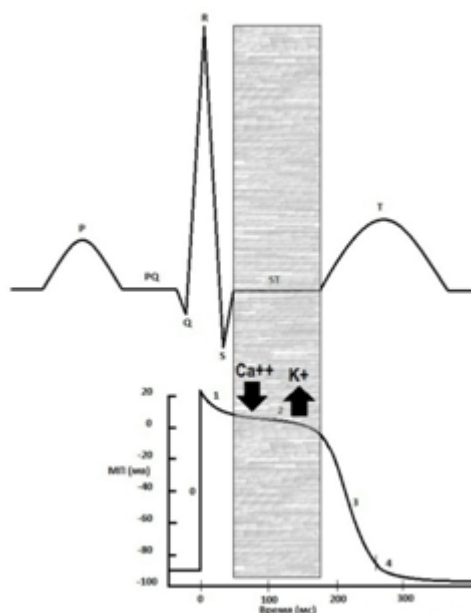


Рис. 1. Сопоставление монофазного ПД кардиомиоцитов и ЭКГ-кривой

При сопоставлении суммарного монофазного ПД с ЭКГ-кривой сегмент ST полностью соответствует фазе плато. Значит, оценивая дисперсию сегмента ST методами временного и спектрального математического анализа, можно на системном уровне с помощью функционального метода (субфазовый анализ кардиоинтервалограммы) оценить достаточность вышеперечисленных процессов, в том числе связанных с эффективностью работы Ca^{++} и K^{+} каналов в период электромеханического сопряжения сократительного кардиомиоцита [8, 9].

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 40 условно здоровых студентов НГМУ (18–22 лет). Основными критериями включения в исследование были отсутствие хронических соматических и психических заболеваний, наличие синусного ритма.

Запись кардиоинтервалографии (КИГ) производилась на аппарате «ВНС-Микро» компании Нейрософт (Иваново) в течение 5 мин в положении лёжа и 5 мин при проведении активной ортостатической пробы [1, 7, 10]. Для субфазового анализа

дисперсии сегмента ST использовалось программное обеспечение «КардиоБОС» компании Биоквант (г. Новосибирск) [9].

Анализ кардиоинтервалограммы начинался с 30-го сердечного цикла после исключения нестационарного периода, связанного с переходом испытуемого в вертикальное положение.

Статистический анализ полученных данных производился с помощью программы «Statistica 7.0» (в статье приведены значения медианы и интерквартильного размаха с уровнем значимости $p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение. Ранее мы опубликовали предварительные нормативные диапазоны по дисперсии ST-сегмента [4, 5]. В настоящей статье проведен сравнительный анализ дисперсии RR-интервалов и ST-сегмента в ходе ортостаза (рис. 2–4).

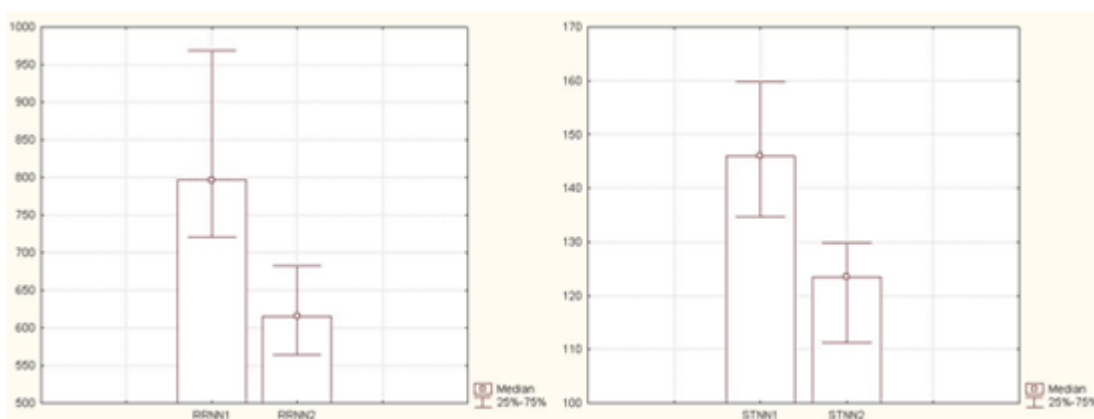


Рис. 2. Изменение средней длительности сердечного цикла и средней длительности сегмента ST в ходе ортостаза

В левой части рис. 2 показана динамика изменения длительности сердечного цикла в целом. Видно, что наблюдается закономерное снижение средней длительности сердечного цикла (RRNN) с 796,3 до 615,4 мс (на 23 %) в ходе ортостаза по сравнению с фоном. В правой части графика показано синхронное уменьшение средней длительности сегмента ST (STNN) со 146 до 123,5 мс (на 15 %) в ходе ортостаза, что находится в разумном согласии с принятыми теоретическими воззрениями на механизм ортостатической реакции.

Несмотря на сонаправленность реакции, механизмы, ответственные за изменение средней длительности указанных диапазонов, видимо разные. Субфазовый анализ кардиоинтервалограммы с использованием быстрого преобразования Фурье позволяет детализировать некоторые особенности, представленные на рис. 3 и 4.

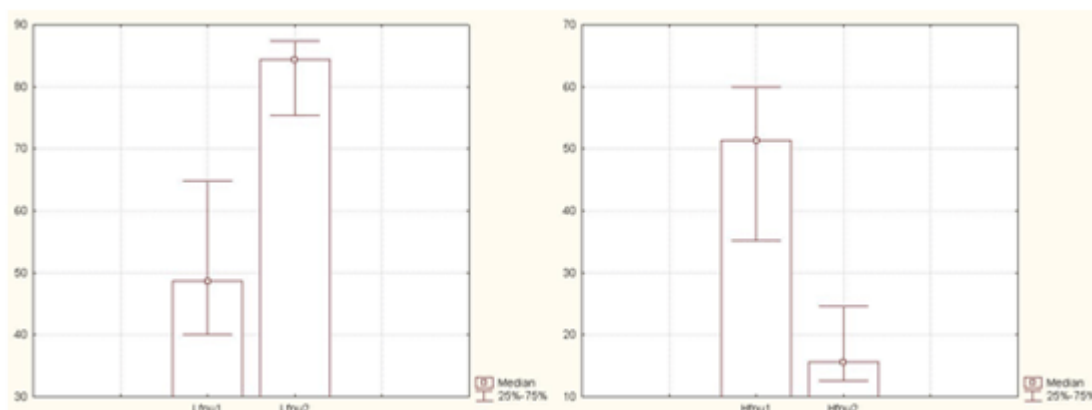


Рис. 3. Динамика изменения нормализованной мощности спектра в низко- и высокочастотном диапазонах по данным дисперсии RR-интервала

В левой части рис. 3 показано увеличение мощности спектра в низкочастотном диапазоне (LFnu), что указывает на рост доли симпатических влияний в контроле хронотропной функции пейсмейкеров в ходе ортостаза с 48,65 до 84,4 у.е. (на 74 %). В правой части рис. 3 показано снижение мощности спектра в высокочастотной компоненте спектра (HFnu) с 51,35 до 15,6 у.е. (на 70 %), что указывает на снижение доли парасимпатических влияний в регуляции пейсмейкеров синоатриального узла.

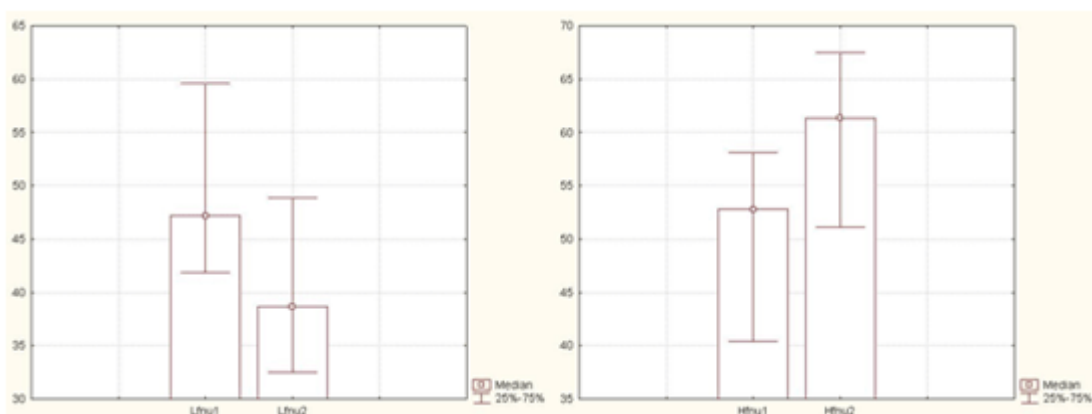


Рис. 4. Динамика изменения нормализованной мощности спектра в низко- и высокочастотном диапазонах по данным дисперсии ST-сегмента

В то же время анализ мощности спектра в этих диапазонах по дисперсии сегмента ST показывает абсолютно противоположные тенденции (рис. 4). Так, доля низкочастотных влияний (LFnu) снижается со значения 47,2 до 38,65 у.е. (на 18 %), а высокочастотных влияний (HFnu) увеличивается со значения 52,8 до 61,35 у.е. (на 16 %), т. е. во время фазы изометрического напряжения и быстрого изгнания сердечного цикла доля симпатических влияний снижается, а доля парасимпатических влияний увеличивается. Это сопровождается уменьшением средней длительности сегмента ST в ходе ортостаза.

Такие противоположные тенденции могут объясняться разным характером внутри- и экстракардиальных регулирующих влияний на механизмы, реализующие разные фазы сердечного цикла. В этом и есть преимущество субфазового анализа, который позволяет детализировать регуляторные особенности по выбранному сегменту или по выбранной фазе сердечного цикла.

Теоретическое объяснение обнаруженного феномена, на наш взгляд, следующее. Известно, что норадреналин запускает ряд внутриклеточных процессов, приводящих к увеличению количества открытых кальциевых каналов [6]. Это приводит к более длительной деполяризации и может удлинять фазу плато. Снижение доли низкочастотной компоненты спектра в ходе ортостаза (по данным дисперсии сегмента ST) связано с уменьшением длительности фазы плато, потенциала длительности сократительного кардиомиоцита и проявляется уменьшением средней длительности сегмента ST. В то же время известно, что ацетилхолин увеличивает количество открытых калиевых каналов, приводя к уменьшению длительности всего ПД, фазы плато и быстрой реполяризации. Поэтому повышение доли высокочастотного компонента спектра по данным дисперсии сегмента ST связано также со снижением средней длительности указанного диапазона.

Заключение

1. В ходе ортостаза наблюдаются противоположные тенденции в динамике спектральных показателей по данным дисперсии RR-интервала и ST-сегмента, позволяющие детализировать характер регуляторных влияний в эти фазы.
2. Предложен функциональный подход (субфазовый анализ КИГ), позволяющий на системном уровне количественно оценить молекулярно-биофизические явления, происходящие в фазу плато ПД сократительного кардиомиоцита по данным дисперсии сегмента ST.

Список литературы

1. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: методические рекомендации / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейкин [и др.] // Вестн. аритмологии. — 2001. — № 24. — С. 65–87.
2. Гайтон А. Г. Медицинская физиология / А. Г. Гайтон, Д. Э. Холл. — Логосфера, 2008. — 1296 с.
3. Гилман А. Г. Клиническая фармакология по Гудману и Гилману / А. Г. Гилман. — М. : Практика, 2006.
4. Зейналов Д. Ф. Особенности дисперсий длительности сердечного цикла и интервала ST в ходе ортостаза / Д. Ф. Зейналов, Е. В. Полежаева, О. В. Сорокин // Материалы ежегодной конкурс-конф. студентов и молодых учёных «Авиценна-2013». — Новосибирск : Сибмедиздат НГМУ, 2013. — С. 272–273.
5. Зейналов Д. Ф. Особенности дисперсий длительности сердечного цикла и интервала ST в ходе ортостаза / Д. Ф. Зейналов, О. В. Сорокин // Материалы ежегодной межвузовской научной студенческой конф. «Интеллектуальный потенциал Сибири». — Новосибирск : Сибмедиздат НГМУ, 2013. — 26 с.
6. Камкин А. Г. Физиология и молекулярная биология мембран клеток : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А. Г. Камкин, И. С. Кисилёва. — М. : Издательский центр «Академия», 2008.
7. Факторный анализ параметров вегетативной регуляции сердечного ритма у детей / О. В. Сорокин, Е. В. Маркова, С. В. Труфакин [и др.] // Бюл. СО РАМН. — 2004. — № 1. — С. 32–39.
8. Сорокин О. В. Особенности дисперсии RR, QT и TQ-периодов у подростков при проведении ортостатической пробы [Электронный ресурс] / О. В. Сорокин, В. Г. Ефименко, А. В. Титенко // Медицина и образование в Сибири : электронный научный журнал. — 2012. — № 4. — Режим доступа : http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=761

9. Спектральные характеристики QT-TQ дисперсии у подростков при проведении ортостатической пробы [Электронный ресурс] / О. В. Сорокин, В. Г. Ефименко, А. В. Титенко, Е. А. Тарасов, А. В. Соколов // Медицина и образование в Сибири : сетевое научное издание. — 2013. — № 1. — Режим доступа : http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=922
10. Флейшман А. Н. Медленные колебания гемодинамики. Теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике : монография / А. Н. Флейшман. — Новосибирск : Наука, 1999. — 266 с.

FEATURES OF RR-INTERVAL AND ST-SEGMENT DISPERSION AT ORTHOSTASIS

O. V. Sorokin, D. F. Zeynalov

SBEI HPE «Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health» (Novosibirsk c.)

5-minute pieces of cardiointervalography (CIG) with allocation of RR-and ST ranges in comparison are studied in the presented work. For the first time functional approach (subphase analysis of CIG) is offered, allowing at systemic level quantitatively to estimate the molecular and biophysical phenomena occurring in plateau phase of action potential of contractile cardiomyocyte according to dispersion of ST segment.

Keywords: cardiointervalography, subphase analysis, functional approach, cardiac cycle, ST segment.

About authors:

Sorokin Oleg Viktorovich — candidate of medical sciences, assistant professor of normal physiology chair at SBEI HPE «Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health», office number: 8 (383) 292-67-09, e-mail: biokvant@mail.ru

Zeynalov Devran Fikrad ogly — student of the 2nd course of pediatric faculty at SBEI HPE «Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health», e-mail: devranzeynalov@mail.ru

List of the Literature:

1. The analysis of variability of cardiac rhythm at using various electrocardiographic systems: methodical references / R. M. Bayevsky, G. G. Ivanov, L. V. Chireykin [etc.] // Bull. of arithmology. — 2001. — № 24. — P. 65-87.
2. Gayton A. G. Medical physiology / A. G. Gayton, E. Hall. — Logosfera, 2008. — 1296 P.
3. Gilman A. G. Clinical pharmacology according to Gudman and Gilman / A. G. Gilman. — M: Practice, 2006.

4. Zeynalov D. F. Features of dispersions of cardiac cycle duration and ST interval in orthostasis course / D. F. Zeynalov, E. V. Polezhaev, O. V. Sorokin // Materials of annual competition conf. students and young scientists of «Avitsenna-2013». — Novosibirsk: Sibmedpubl. House of NSMU, 2013. — P. 272-273.
5. Zeynalov D. F. Features of dispersions of cardiac cycle duration and ST interval in orthostasis course / D. F. Zeynalov, O. V. Sorokin // Materials annual interuniversity scientific student's conf. «Intellectual capacity of Siberia». — Novosibirsk: Sibmedpubl. House of NSMU, 2013. — 26 P.
6. Kamkin A. G. Physiology and molecular biology of membranes of cells: guidance for students of higher educational institutions / A. G. Kamkin, I. S. Kisilyova. — M: Publishing center «Academy», 2008.
7. The factorial analysis on parameters of vegetative regulation of cardiac rhythm at children / O. V. Sorokin, E. V. Markova, S. V. Trufakin [etc.] // Bulletin. of the RAMS. — 2004. — № 1. — P. 32-39.
8. Sorokin O. V. Features of dispersion of RR, QT and TQ periods at teenagers at carrying out orthostatic assay [electron resource] / O. V. Sorokin, V. G. Efimenko, A. V. Titenko // Medicine and education in Siberia: electron scientific magazine. — 2012. — № 4. — Access mode: http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=761
9. Spectral characteristics of QT-TQ dispersion at teenagers at carrying out orthostatic assay [electron resource] / O. V. Sorokin, V. G. Efimenko, A.V. Titenko, E. A. Tarasov, A. V. Sokolov // Medicine and education in Siberia: online scientific edition. — 2013. — № 1. — Access mode: http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=922
10. Fleyshman A. N. Slow fluctuations of hemodynamic. Theory, practical application in clinical medicine and prophylaxis: monograph / A. N. Fleyshman. — Novosibirsk: Science, 1999. — 266 P.