

# ОСОБЕННОСТИ ДИСПЕРСИИ RR-ИНТЕРВАЛОВ И ИНТЕРВАЛА ТТ В ХОДЕ ОРТОСТАЗА

*О. В. Сорокин, У. Н. Сейфуллаева*

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

Современный подход к оценке кардиоинтервалограммы (КИГ) основан на расчете данных дисперсии интервалов R-R. Однако он не позволяет оценить особенности, связанные с подпериодами сердечного цикла, в течение которых наблюдаются разные электромеханические явления в кардиомиоцитах. В связи с этим нами был предложен метод субфазового анализа длительности сердечного цикла, разработанный на кафедре нормальной физиологии НГМУ (канд. мед. наук Сорокин О.В., 2010) для выявления этих особенностей. Использование субфазового анализа позволяет на системном уровне количественно отследить особенности, происходящие в разные фазы сердечного цикла, в том числе связанные с ионной проводимостью. В настоящей работе впервые изучены 5-минутные отрезки КИГ, и проведено исследование особенностей вариабельности длительности сердечного цикла, связанных с изменением интервалов ТТ-диапазонов, соответствующих периодам изометрического расслабления и наполнения диастолы желудочков.

*Ключевые слова:* кардиоинтервалография, субфазовый анализ, сердечный цикл, интервал ТТ.

**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

**Сейфуллаева Ульвия Нематовна** — студент 2-го курса лечебного факультета ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет», e-mail: yulviya2010@yandex.ru

---

*Актуальность.* Согласно международной номенклатуре в потенциале действия (ПД) сократительного кардиомиоцита выделяют 4 основные фазы [2]. В фазу быстрой конечной реполяризации (3-я фаза ПД) происходят закономерные события, связанные с гиперполяризующим ионным током  $K^+$ . Молекулярно-биологические явления, происходящие в эту фазу, достаточно сложны. Процесс окончательной реполяризации (фаза 3) начинается в конце фазы 2, когда выход  $K^+$  из клетки сердца начинает превышать вход  $Ca^{2+}$ . Три  $K^+$  тока, направленных наружу ( $I_{to}$ ,  $I_K$  и  $I_{K1}$ ), вносят вклад в окончательную реполяризацию клеток сердца. Необходимо отметить, что определенный вклад вносит ток

через катион-неселективные ионные каналы —  $I_{NS}$ . Главную роль в участии берёт на себя многокомпонентный  $K^+$  ток задержанного выпрямления fast, ultra-fast, slow delayed rectifier channels ( $I_{Kr}$ ,  $I_{Kur}$ ,  $I_{Ks}$ ). Гиперполярирующий ток  $K^+$  является объектом фармакологического воздействия при коррекции патологических состояний (III группа — блокаторы калиевых каналов). К положительным моментам действия калиевых блокаторов можно отнести увеличение длительности эффективного рефрактерного периода [3].

Однако подбирать дозы  $K^+$ -блокаторов достаточно сложно, поэтому клиницисту необходим простой функциональный метод, который на системном уровне сможет количественно оценить явления, происходящие в фазу реполяризации сократительных кардиомиоцитов. В этот период ПД происходит электромеханическое разобщение в кардиомиоцитах, связанное с фазой изометрического расслабления и периодом наполнения сердечного цикла. Эффективность расслабления кардиомиоцитов определяет величину конечного диастолического наполнения (лузитропный эффект). Электрофизиологически это проявляется вариабельностью длительности интервала ТТ.

При сопоставлении суммарного монофазного ПД с ЭКГ-кривой интервал ТТ полностью соответствует фазе реполяризации. Значит, оценивая дисперсию интервала ТТ-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  $K^+$ -каналов в период электромеханического разобщения сократительных кардиомиоцитов [7, 8].

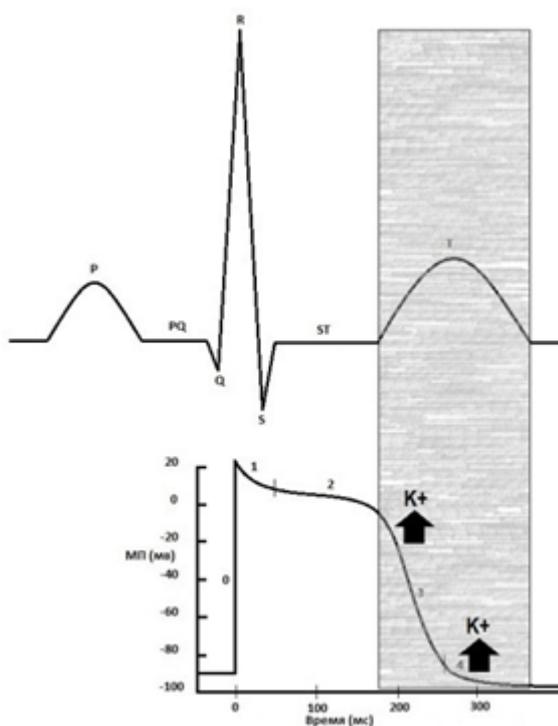


Рис. 1. Сопоставление монофазного ПД кардиомиоцитов и ЭКГ-кривой

*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, 6, 9]. Для субфазового анализа дисперсии интервала ТТ использовалось программное обеспечение «КардиоБОС» компании Биоквант (г. Новосибирск) [6].

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 интервала ТТ [5]. В настоящей статье проведен сравнительный анализ дисперсии RR-интервалов и интервала ТТ в ходе ортостаза (рис. 2, 3).

В левой части рис. 2 показана динамика изменения длительности сердечного цикла в целом. Видно, что наблюдается закономерное снижение средней длительности сердечного цикла (RRNN) с 772,9 мс до 615,45 мс (на 20 %) в ходе ортостаза по сравнению с фоном. В правой части графика показано увеличение средней длительности интервала ТТ (TsTeNN) со 140,2 мс до 149,9 мс (на 7 %) в ходе ортостаза, что находится в разумном согласии с принятыми теоретическими воззрениями на механизм ортостатической реакции.

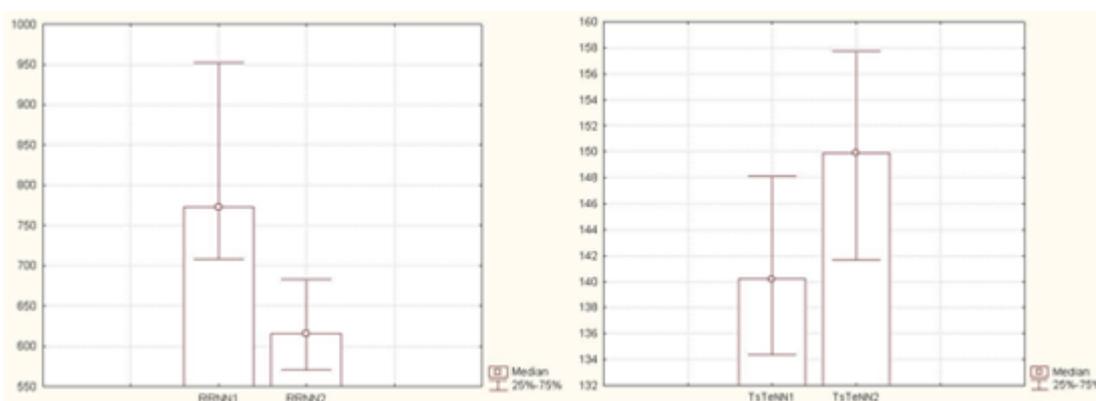
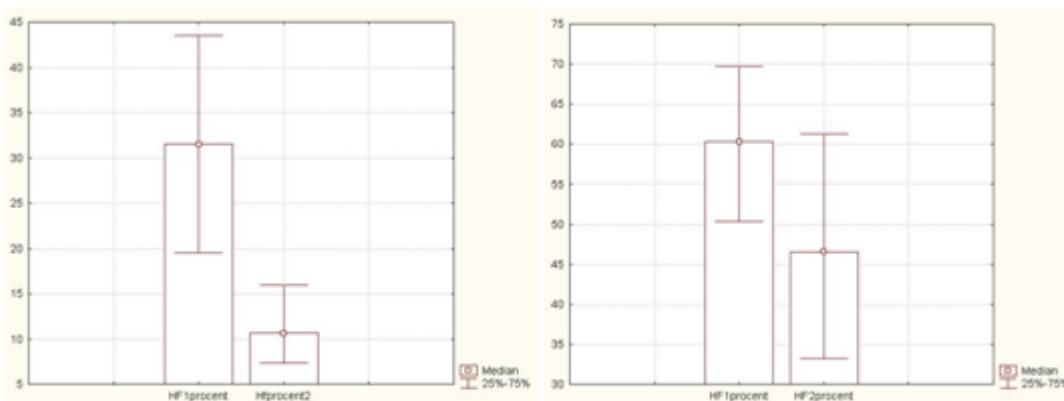


Рис. 2. Изменение средней длительности сердечного цикла и средней длительности интервала ТТ в ходе ортостаза

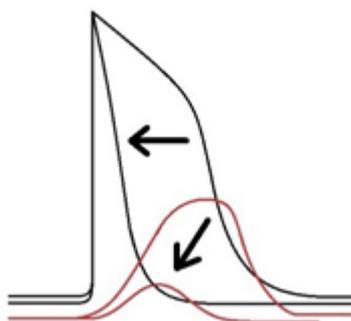
Противоположные тенденции в изменении средней длительности указанных диапазонов могут объясняться особенностями влияния нейромедиаторов экстракардиальной вегетативной нервной системы на ионные токи. Субфазовый анализ кардиоинтервалограммы по дисперсии интервала ТТ с использованием быстрого преобразования Фурье позволяет уточнять вышеописанные особенности, представленные на рис. 3.



*Рис. 3.* Изменения высокочастотной компоненты мощности спектра, рассчитанные на основании дисперсии RR-интервала и интервала ТТ с помощью субфазового анализа

В левой части графика показано снижение мощности спектра в высокочастотном компоненте (Hf procent) с 31,5 до 10,65 % (на 66 %), что указывает на снижение доли парасимпатических влияний в регуляции средней длительности сердечного цикла в ходе ортостаза.

В правой части графика продемонстрировано снижение мощности спектра в высокочастотном компоненте (Hf procent) по дисперсии интервала ТТ со значения 60,3 до 46,55 (на 22 %), т. е. во время фазы изометрического расслабления и периода наполнения сердечного цикла доля парасимпатических влияний снижается, и это сопровождается увеличением средней длительности интервала ТТ в ходе ортостаза, как показано на рис. 4.



*Рис. 4.* Сопоставление ПД сократительного кардиомицита и механограммы при действии ацетилхолина [4]; чёрным цветом показано изменение длительности 3-й фазы — быстрой конечной реполяризации при действии ацетилхолина; красным цветом показано изменение механограммы сократительного кардиомицита при действии ацетилхолина

Такие сонаправленные тенденции могут объясняться различными внутри- и экстракардиальными регулирующими влияниями на механизмы, реализующие разные фазы сердечного цикла. В этом и есть преимущество субфазового анализа, который позволяет уточнять регуляторные особенности по выбранному интервалу или по выбранной фазе сердечного цикла.

Теоретическое объяснение обнаруженному феномену, на наш взгляд, следующее. Работа К-каналов регулируется совокупностью механизмов. Норадреналин прямого влияния на  $K^+$ -каналы не имеет, но может оказывать пермиссивный эффект на фоне одновременного роста активности симпатического и парасимпатического отделов ВНС.

Ацетилхолин обладает прямым действием на ацетилхолин-зависимые  $K^+$ -каналы, что приводит к укорочению длительности реполяризации (фаза 3 потенциала действия). Снижение доли высокочастотной компоненты спектра по данным дисперсии интервала ТТ, напротив, связано с увеличением длительности фазы реполяризации потенциала действия сократительного кардиомиоцита, что сопряжено с увеличением средней длительности интервала ТТ в ходе ортостаза.

#### *Список литературы*

1. Анализ variability 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. 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.
5. Сейфуллаева У. Н. Особенности дисперсии интервала ТТ при ортостазе / У. Н. Сейфуллаева, Е. В. Полежаева, О. В. Сорокин // Материалы ежегодной конкурсно-конференции студентов и молодых учёных «Авиценна-2013». — Новосибирск : Сибмедиздат НГМУ, 2013. — С. 272–273.
6. Факторный анализ параметров вегетативной регуляции сердечного ритма у детей / О. В. Сорокин, Е. В. Маркова, С. В. Труфакин, В. В. Абрамов [и др.] // Бюл. СО РАМН. — 2004. — № 1. — С. 32–39.
7. 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](http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=761)
8. 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](http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=922)
9. 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 DISPERSION OF RR-INTERVALS AND TT-INTERVAL DURING ORTHOSTASIS**

*O. V. Sorokin, U. N. Seyfullayeva*

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

Modern approach to assessment of cardiointervalography(CIG) is based on data calculation of dispersion of R-R intervals. However it doesn't allow estimation the features bound to subperiods of a cardiac cycle during which the different electromechanical phenomena in cardiomyocytes are observed. In this regard we offered a method of the subphase analysis of duration of the cardiac cycle, developed on NSMU normal physiology chair (cand. of medical sciences Sorokin O. V., 2010) for detection of these features. Usage of the subphase analysis allows tracing quantitatively at systemic level the features occurring in different phases of a cardiac cycle, including bound to ionic conduction. 5-minute pieces of CIG for the first time are studied in the presented work, and the research on features of variability of the cardiac cycle duration, the intervals of the TT ranges corresponding to the periods of isometric relaxation and filling of a diastole of ventricles bound to change is conducted.

**Keywords:** cardiointervalography, subphase analysis, cardiac cycle, TT interval.

---

#### 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

**Seyfullayeva Ulviya Nematovna** — student of the 2nd course of medical at SBEI HPE «Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health», e-mail: yulviya2010@yandex.ru

#### List of the Literature:

1. Analysis of variability of cardiac rhythm when using various electrocardiographic systems: methodical references / R. M Bayevsky, G. G. Ivanov, L. V. Chireykin [etc.] // Bulletin of Arithmology. — 2001 . — № 24. — P. 65-87.
2. Gayton A. G. Medical physiology / A. G. Gayton, D. E. Hall. — Logosphere, 2008. — 1296 P.
3. Gilman A. G. Clinical pharmacology according to Gudman and Gilman / A. G. Gilman. — M: Practice, 2006.
4. 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.
5. Seyfullayeva U. N. Features of dispersion of TT-interval at orthostasis / U N. Seyfullayeva, E. V. Polezhaeva, O. V. Sorokin // Materials of annual competition conference of students and young scientists «Avitsenna-2013». — Novosibirsk: Sibmedpublishing house at NSMU, 2013. — P. 272-273.
6. The factorial analysis of parameters of vegetative regulation of cardiac rhythm at children / O. V. Sorokin, E. V. Markova, S. V. Trufakin, V. V. Abramov [etc.] // Bulletin of the RAMS. — 2004. — № 1. — P. 32-39.
7. Sorokin O. V. Features of dispersion of RR, QT and TQ periods at teenagers at performing 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](http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=761)
8. Spectral characteristics of QT-TQ dispersion at teenagers at performing orthostatic assay [electron resource] / O. V. Sorokin, V. G. Efimenko, A. V. Titenko, E. A. Tarasov, A. V. Sokolov // Medicine and education in Siberia: electronical scientific edition. — 2013. — № 1. — Access mode: [http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text\\_full.php?id=922](http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=922)

9. Fleyshman A. N. Slow fluctuations of hemodynamic. Theory, practical application in clinical medicine and prophylaxis: monograph / A. N. Fleyshman. — Novosibirsk: Science, 1999. — 266 P.