

УДК [612.172.2:612.2]:612.172.4

Н. М. Ремизова

ДИНАМИКА ВРЕМЕННЫХ И СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕРВАЛА QT ЭКГ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ РЕЖИМА И ЧАСТОТЫ ДЫХАНИЯ

*Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева,
г. Чебоксары, Россия*

Аннотация. Статья посвящена исследованию влияния разных режимов дыхания на вариабельность интервала QT электрокардиограммы. Дыхание с навязанной частотой является особым функциональным состоянием, которое изменяет многие характеристики кардиореспираторной системы. Вычислены значения временных и спектральных параметров интервала QT при свободном дыхании и при снижении частоты дыхания. Показано, что контролируемое снижение частоты дыхания значительно изменяет временные и спектральные характеристики интервала QT.

Ключевые слова: *кардиореспираторная система, респираторно-синусовая аритмия, интервал QT, электрокардиограмма, частота дыхания.*

Актуальность исследуемой проблемы. Респираторно-синусовая аритмия (РСА) является физиологическим феноменом кардиореспираторной системы. РСА предполагает взаимодействие между системой внешнего дыхания и сердечно-сосудистой системой на уровне ствола мозга и посредством барорефлекторной дуги [7], [8]. РСА представляет собой синхронизацию сердечных и дыхательных ритмов [4], при которой происходит увеличение частоты сердечных сокращений при вдохе и их снижение при выдохе. За счет данного феномена улучшается эффективность газообмена в легких, повышается кровенаполнение сосудов малого круга кровообращения при инспираторном акте [10].

За генерацию РСА ответственны несколько процессов: гиперполяризация мембраны преганглионарных нейронов вагуса, что делает эти нейроны менее чувствительными к возбуждающему влиянию в период выдоха [8], снижение активности эфферентов вагуса при увеличении объема легких при стимуляции легочных рецепторов растяжения [6].

Изучение влияния разных режимов дыхания на кардиореспираторную систему является актуальной проблемой современной физиологии [3]. Исследование интервалов RR электрокардиограммы (ЭКГ) при разных режимах дыхания показало, что по мере снижения частоты дыхания (ЧД) происходят усиление флуктуации RR-интервалов и увеличение спектральной мощности колебаний кардиоинтервалов [2], [5]. Но в то же время не исследовано влияние снижения ЧД на вариабельность интервала QT ЭКГ, который отражает общее время деполяризации и реполяризации желудочков сердца.

© Ремизова Н. М., 2016

Ремизова Надежда Михайловна – аспирант кафедры биологии и основ медицинских знаний Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары, Россия; e-mail: ndanglanrn@gmail.com

Статья поступила в редакцию 31.03.2016

В связи с этим целью нашей работы является изучение воздействия разных режимов дыхания на вариабельность интервала QT ЭКГ.

Материал и методика исследований. Исследование проводилось на кафедре биологии и основ медицинских знаний ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева». В нем принимали участие 45 здоровых студентов факультета естественнонаучного образования данного университета в возрасте от 18 до 22 лет, из них мужчин – 8 человек, женщин – 37 человек. При планировании и осуществлении эксперимента учитывались требования Хельсинкской декларации: было получено разрешение этического комитета, все обследуемые давали письменное согласие на участие в эксперименте. Исследование проводилось в межсессионный период в первой половине дня с 8 до 12 часов при температуре воздуха в помещении 21°C. Испытуемый находился в состоянии покоя лежа не менее 5 минут до записи ЭКГ.

Применялись различные режимы дыхания испытуемых во время регистрации ЭКГ: 1) свободное дыхание; 2) дыхание с частотой 6,5 дых/мин; 3) дыхание с частотой 6 дых/мин; 4) дыхание с частотой 5,5 дых/мин; 5) дыхание с частотой 5 дых/мин; 6) дыхание с частотой 4,5 дых/мин. Частота дыхания задавалась с помощью голосовых команд, записанных в виде 5-минутного mp3-файла и транслируемых через динамики. Для каждого из режимов дыхания в положении лежа записывалась 5-минутная электрокардиограмма согласно рекомендациям Европейской Ассоциации Кардиологии [9]. Регистрация сердечного ритма осуществлялась с помощью программно-аппаратного комплекса «Полли-Спектр-8/Е» («Нейрософт»). В ходе исследования нами оценивались следующие показатели вариабельности интервала QT:

- 1) SDQT (мс) – стандартное отклонение QT-интервалов;
- 2) RMSSD (мс) – квадратный корень из средних квадратов разницы между последовательными QT-интервалами;
- 3) TIQT (мс) – триангулярная интерполяция QT-интервалов;
- 4) LF (мс²) – низкочастотный компонент спектра интервала QT;
- 5) HF (мс²) – высокочастотный компонент спектра интервала QT;
- 6) Total (мс²) – общая спектральная мощность интервала QT;
- 7) pLF (%) – процентное содержание в общей спектральной мощности интервала QT низкочастотных компонентов;
- 8) pHF (%) – процентное содержание в общей спектральной мощности интервала QT высокочастотных компонентов;
- 9) nLF (%) – нормализованное значение низкочастотных компонентов спектра;
- 10) nHF (%) – нормализованное значение высокочастотных компонентов спектра;
- 11) LFHF (мс²) – показатель вегетативного баланса [1].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием статистического пакета профессиональной статистики «Statistica 7.0 for Windows» с применением критерия знаков Z. Полученные результаты исследования приведены в виде «средняя ± ошибка средней». Статистически значимыми считались различия с $p < 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Средняя продолжительность интервала QT при свободном дыхании составила $382,68 \pm 3,87$ мс. При снижении частоты дыхания изменение данного параметра носило недостоверный характер ($p > 0,05$), его значения колебались в пределах нормы. Рассматриваемые временные параметры показали достоверное повышение значений при навязанной ЧД по сравнению со свободным дыханием (рис. 1).

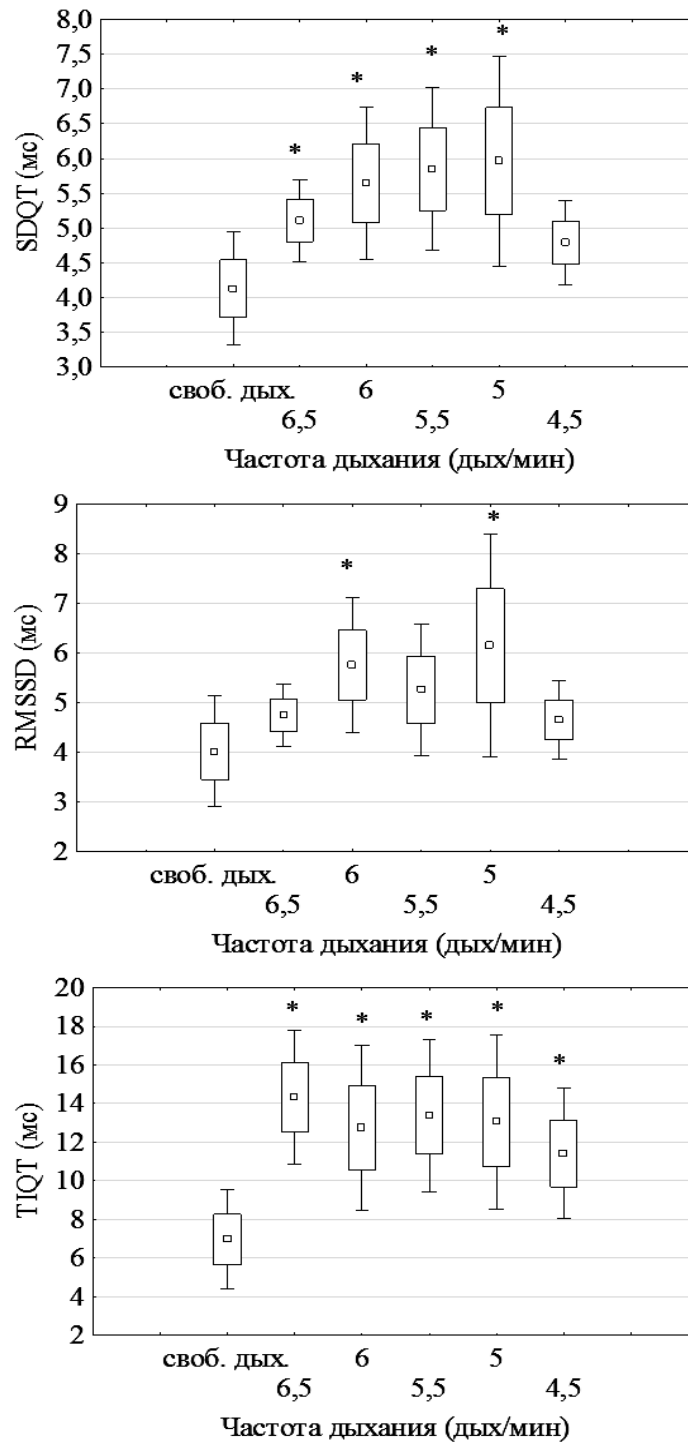


Рис. 1. Динамика временных параметров интервала QT при разных режимах дыхания (* – достоверное отличие от свободного дыхания при $p < 0,05$)

Параметр SDQT принимал значение $4,13 \pm 0,41$ мс во время свободного дыхания. При ЧД 6,5–5,5 дых/мин данный параметр имел тенденцию к постепенному возрастанию: $5,11 \pm 0,3$ мс ($Z=2,36$; $p=0,02$) при ЧД 6,5 дых/мин, $5,65 \pm 0,56$ мс при ЧД 6 дых/мин ($Z=3,09$; $p=0,002$), $5,85 \pm 0,6$ мс при ЧД 5,5 дых/мин ($Z=2,45$; $p=0,01$), $5,96 \pm 0,77$ мс при ЧД 5 дых/мин ($Z=1,98$; $p=0,047$). Очень низкая частота дыхания, 4,5 дых/мин, вызвала недостоверное снижение SDQT до $4,79 \pm 0,07$ мс ($Z=1,44$; $p=0,15$).

Временной параметр RMSSD недостоверно повысился при ЧД 6,5 дых/мин по сравнению со свободным дыханием ($4,75 \pm 0,32$ мс против $4,02 \pm 0,57$ мс; $Z=1,74$; $p=0,08$), затем статистически значимо увеличился до $5,76 \pm 0,69$ мс ($Z=2,93$; $p=0,003$) при ЧД 6 дых/мин. При более низких частотах дыхания наблюдались разнонаправленные изменения данного параметра: ЧД 5,5 дых/мин вызвала статистически недостоверное снижение до $5,26 \pm 0,68$ мс ($Z=1,25$; $p=0,21$), ЧД 5 дых/мин – статистически значимое повышение до $6,15 \pm 1,14$ мс ($Z=2,03$; $p=0,04$), ЧД 4,5 дых/мин – снова снижение до $4,65 \pm 0,39$ мс ($Z=1,44$; $p=0,15$).

Установлено значительное увеличение параметра TIQT во время дыхания с навязанной частотой по сравнению со свободным дыханием. Данный параметр имел значения $6,97 \pm 1,31$ мс при свободной ЧД, $14,35 \pm 1,78$ мс ($Z=2,81$; $p=0,005$) при ЧД 6,5 дых/мин, $12,73 \pm 2,18$ мс ($Z=2,29$; $p=0,02$) при ЧД 6 дых/мин, $13,39 \pm 2,02$ мс ($Z=2,25$; $p=0,02$) при ЧД 5,5 дых/мин, $13,03 \pm 2,29$ мс ($Z=3,1$; $p=0,002$) при ЧД 5 дых/мин и $11,42 \pm 1,73$ мс ($Z=2,15$; $p=0,03$) при ЧД 4,5 дых/мин.

Частотные параметры интервала QT значительно изменились при снижении ЧД (рис. 2). Выявлено достоверное повышение общей спектральной мощности (Total) интервала QT по сравнению со свободным дыханием. Данный параметр принимал значения $7,12 \pm 2,5$ мс² при свободном дыхании, $11,13 \pm 1,58$ мс² ($Z=3,04$; $p=0,003$) при ЧД 6,5 дых/мин, $21,24 \pm 6,42$ мс² ($Z=3,52$; $p=0,0004$) при ЧД 6 дых/мин (максимум значения), $19,51 \pm 7,43$ мс² ($Z=2,78$; $p=0,005$) при ЧД 5,5 дых/мин, $20,57 \pm 6,87$ мс² ($Z=3,1$; $p=0,002$) при ЧД 5 дых/мин и $11,16 \pm 1,44$ мс² ($Z=2,67$; $p=0,008$) при ЧД 4,5 дых/мин.

Мощность спектра низкочастотных колебаний (LF) выросла незначительно и имела значения $1,97 \pm 0,65$ мс², $1,82 \pm 0,2$ мс² ($Z=1,61$; $p=0,11$), $3,53 \pm 1,04$ мс² ($Z=1,63$; $p=0,1$), $4,12 \pm 2,23$ мс² ($Z=0,8$; $p=0,42$), $4,26 \pm 1,81$ мс² ($Z=1,57$; $p=0,12$), $2,27 \pm 0,61$ мс² ($Z=1,11$; $p=0,27$) при свободном дыхании, при ЧД 6,5 дых/мин, 6 дых/мин, 5,5 дых/мин, 5 дых/мин, 4,5 дых/мин соответственно.

Показано достоверное повышение мощности высокочастотной области спектра (HF) интервала QT при дыхании с навязанной частотой по сравнению с показателем спектральной мощности при свободном дыхании ($4,05 \pm 1,76$ мс²): $8,45 \pm 1,49$ мс² ($Z=3,74$; $p=0,0002$) при ЧД 6,5 дых/мин; $16,09 \pm 4,82$ мс² ($Z=4,49$; $p<0,0001$) при ЧД 6 дых/мин (максимальное значение); $13,01 \pm 3,98$ мс² ($Z=3,26$; $p=0,001$) при ЧД 5,5 дых/мин; $15,08 \pm 4,86$ мс² ($Z=3,34$; $p=0,0008$) при ЧД 5 дых/мин; $7,81 \pm 0,91$ мс² ($Z=2,96$; $p=0,003$) при ЧД 4,5 дых/мин.

Также показано снижение параметра pLF с $30,97 \pm 1,53$ % при свободном дыхании до $19,26 \pm 1,79$ % ($Z=3,42$; $p=0,0006$) при ЧД 6,5 дых/мин, до $18,3 \pm 1,3$ % ($Z=4,76$; $p<0,0001$) при ЧД 6 дых/мин, до $16,41 \pm 1,73$ % ($Z=4,13$; $p<0,0001$) при ЧД 5,5 дых/мин, до $19,09 \pm 1,94$ % ($Z=3,02$; $p=0,002$) при ЧД 5 дых/мин и до $22,31 \pm 2,78$ % ($Z=1,96$; $p=0,049$) при ЧД 4,5 дых/мин.

Наиболее достоверно при снижении частоты дыхания изменилось значение частотного параметра pHF. Во время дыхания на свободной частоте данный параметр был равен $47,92 \pm 2,06$ % от общей спектральной мощности. Дыхание на навязанной частоте 6,5 дых/мин привело к его повышению до $71,58 \pm 2,8$ % ($Z=4,57$; $p<0,0001$), ЧД 6 дых/мин – до

74,45±1,72 % (Z=5,58; p<0,0001) (максимальное значение). Низкие частоты дыхания – 5,5 дых/мин, 5 дых/мин и 4,5 дых/мин – незначительно снизили рНФ до 73,69±2,67 % (Z=4,3; p<0,0001), 72,03±2,9 % (Z=3,5; p=0,0005) и 71,97±2,94 % (Z=3,43; p=0,0006) соответственно.

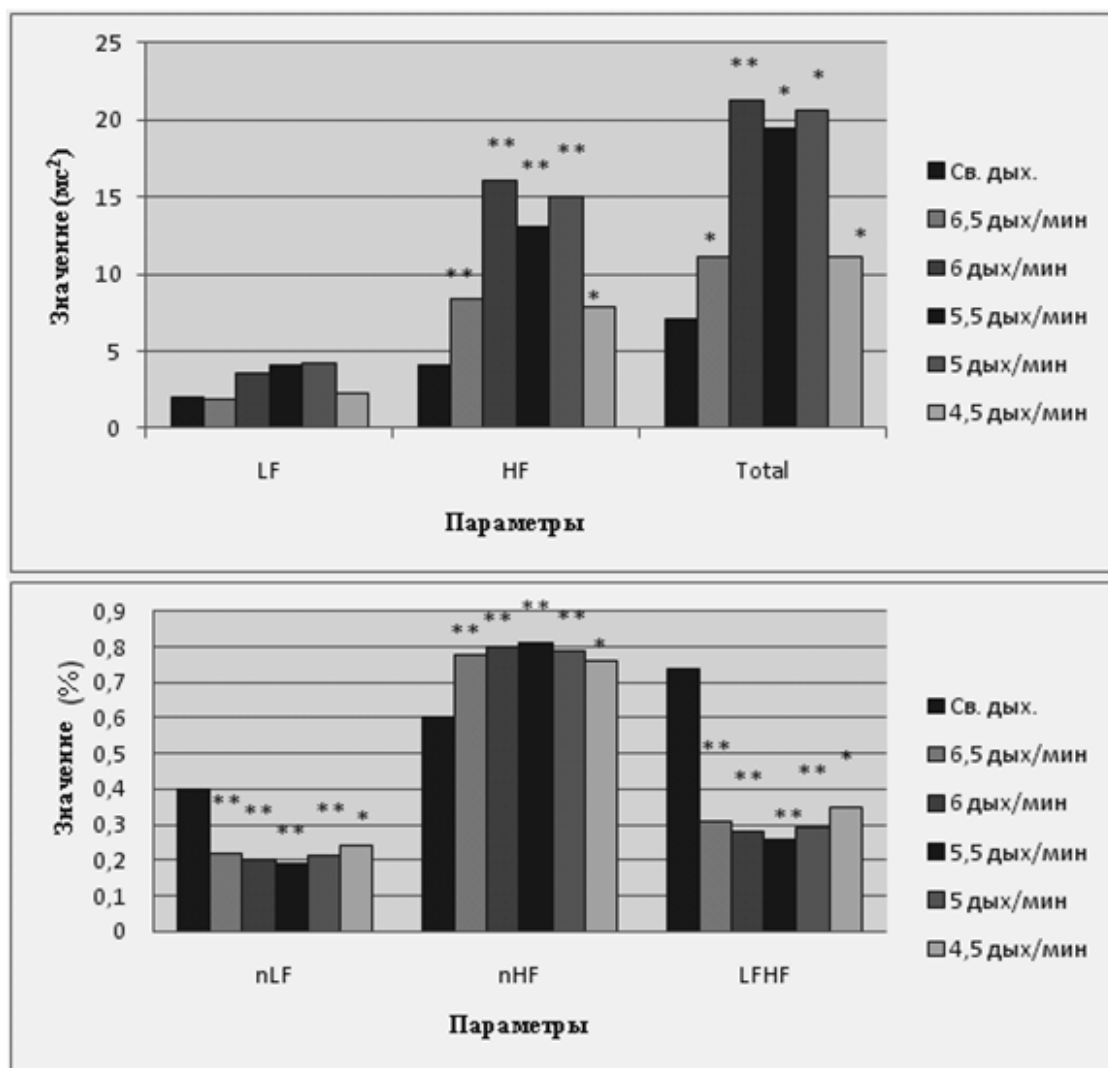


Рис. 2. Динамика спектральных параметров интервала QT при разных режимах дыхания (* – достоверное отличие от свободного дыхания при p<0,05; ** – при p<0,001)

Нормализованные параметры спектральной мощности QT продемонстрировали высокую чувствительность к изменению параметров дыхания. Установлено достоверное снижение параметра nLF с 0,4±0,02 % (свободное дыхание) до 0,22±0,02 % (Z=4,23; p<0,0001) при ЧД 6,5 дых/мин, до 0,2±0,01 % (Z=5,23; p<0,0001) при ЧД 6 дых/мин, до 0,19±0,02 % (Z=4,3; p<0,0001) при ЧД 5,5 дых/мин, до 0,21±0,02 % (Z=3,5; p=0,0005) при ЧД 5 дых/мин и до 0,24±0,03 % (Z=2,86; p=0,004) при ЧД 4,5 дых/мин.

Нормализованное значение nHF повысилось при всех навязанных ЧД по сравнению со свободным дыханием. Данный параметр имел значение $0,6 \pm 0,02$ % при свободном дыхании, $0,78 \pm 0,02$ % ($Z=4,23$; $p<0,0001$) при ЧД 6,5 дых/мин, $0,8 \pm 0,02$ % ($Z=5,23$; $p<0,0001$) при ЧД 6 дых/мин, $0,81 \pm 0,02$ % ($Z=4,3$; $p<0,0001$) при ЧД 5,5 дых/мин, $0,79 \pm 0,02$ % ($Z=3,5$; $p=0,0005$) при ЧД 5 дых/мин, $0,76 \pm 0,03$ % ($Z=2,86$; $p=0,004$) при ЧД 4,5 дых/мин.

Установлено значительное снижение индекса вегетативного баланса LFHF во время дыхания на всех навязанных частотах по сравнению со свободным дыханием. При свободной частоте дыхания значение данного параметра составило $0,74 \pm 0,06$ мс², при ЧД 6,5 дых/мин – $0,31 \pm 0,04$ мс² ($Z=4,23$; $p<0,0001$), при ЧД 6 дых/мин – $0,28 \pm 0,04$ мс² ($Z=5,23$; $p<0,0001$), при ЧД 5,5 дых/мин – $0,2 \pm 0,05$ мс² ($Z=4,05$; $p<0,0001$), при ЧД 5 дых/мин – $0,29 \pm 0,04$ мс² ($Z=3,46$; $p=0,0005$), при ЧД 4,5 дых/мин – $0,35 \pm 0,06$ мс² ($Z=2,77$; $p=0,006$).

Резюме. Нами показано, что снижение частоты дыхания значительно изменяет временные и частотные характеристики интервала QT электрокардиограммы. Процессы деполаризации и гиперполяризации кардиомиоцитов в значительной степени варьируются при изменении ритма дыхания. Эти изменения связаны с колебаниями тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, обусловленными смещениями барорефлекторной чувствительности при вдохе и выдохе. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что модификация режима дыхания потенциально может выступать в качестве диагностического метода при исследовании электрокардиографических процессов, происходящих в миокарде; анализ вариабельности QT при дыхании с разной частотой также может способствовать увеличению знаний о синдромах, связанных с нарушением электрофизиологической активности кардиомиоцитов и изменением продолжительности интервала QT в покое.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия Л. А., Бокерия О. Л., Волковская И. В. Вариабельность сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование // *Анналы аритмологии*. – 2009. – № 4. – С. 21–32.
2. Горст В. Р. Комплексная оценка сердечно-сосудистой системы в условиях задержки дыхания // *Вестник аритмологии*. – 2006. – Приложение А. – С. 155.
3. Димитриев Д. А., Ремизова Н. М. Влияние кардиореспираторного резонанса на вариабельность интервала QT электрокардиограммы // *Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева*. – 2015. – № 4(88). – С. 3–8.
4. Лышова О. В., Проворотов В. М. Внешнее дыхание и ритм сердца (атлас динамических реопневмограмм и электрокардиограмм). – СПб. : Инкарт, 2006. – 271 с.
5. Vadra L. J., Cooke W. H., Hoag J. B., Crossman A. A., Kuusela T. A., Tahvanainen K. U. O., Eckberg D. L. Respiratory modulation of human autonomic rhythms // *American Journal of Physiology*. – 2001. – Vol. 280. – P. 2674–2688.
6. Berntson G. G., Cacioppo T., Quigley K. S. Cardiac psychophysiology and autonomic space in humans: empirical perspectives and conceptual implications // *Psychology Bulletin*. – 1993. – Vol. 114, № 2. – P. 296–322.
7. Eckberg D. L. Correlation among heart rate variability components and autonomic mechanisms // *Dynamic electrocardiography*. – N. Y. : Blackwell Futura, 2004. – P. 31–39.
8. Malpas S. C. Sympathetic nervous system overactivity and its role in the development of cardiovascular disease // *Physiological Reviews*. – 2010. – Vol. 90, № 2. – P. 513–557.
9. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standard of measurement, physiological interpretation and clinical use // *Circulation*. – 1996. – Vol. 93, № 5. – P. 1043–1065.
10. Yasuma F., Hayano J. Respiratory sinus arrhythmia: why does the heartbeatsynchronize with respiratory rhythm? // *Chest*. – 2004. – Vol. 125, № 2. – P. 683–690.

**DYNAMICS OF TEMPORAL AND SPECTRAL CHARACTERISTICS
OF QT INTERVAL OF ECG WHEN CHANGING THE MODE
AND RATE OF BREATHING**

I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, Russia

Abstract. This article is devoted to the study of the influence of different modes of breathing on variability of QT interval of electrocardiogram. Paced breathing is a specific functional state which changes many of the characteristics of cardiorespiratory system. The author has calculated the values of temporal and spectral parameters of QT interval under free breathing and at lower respiration rate. It is shown that controlled reduction in breathing frequency significantly modifies temporal and spectral characteristics of QT interval.

Keywords: *cardiorespiratory system, respiratory sinus arrhythmia, QT interval, electrocardiogram, rate of breathing.*

REFERENCES

1. Bokerija L. A., Bokerija O. L., Volkovskaja I. V. Variabel'nost' serdechnogo ritma: metody izmerenija, interpretacija, klinicheskoe ispol'zovanie // Annaly aritmologii. – 2009. – № 4. – S. 21–32.
2. Gorst V. R. Kompleksnaja ocenka serdechno-sosudistoj sistemy v uslovijah zaderzhki dyhanija // Vestnik aritmologii. – 2006. – Prilozhenie A. – S. 155.
3. Dimitriev D. A., Remizova N. M. Vlijanie kardiorespiratornogo rezonansa na variabel'nost' intervala QT jelektrokardiogrammy // Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. I. Ja. Jakovleva. – 2015. – № 4(88). – S. 3–8.
4. Lyshova O. V., Provorotov V. M. Vneshnee dyhanie i ritm serdca (atlas dinamicheskikh reopnevogramm i jelektrokardiogramm). – SPb. : Inkart, 2006. – 271 s.
5. Badra L. J., Cooke W. H., Hoag J. B., Crossman A. A., Kuusela T. A., Tahvanainen K. U. O., Eckberg D. L. Respiratory modulation of human autonomic rhythms // American Journal of Physiology. – 2001. – Vol. 280. – P. 2674–2688.
6. Berntson G. G., Cacioppo T., Quigley K. S. Cardiac psychophysiology and autonomic space in humans: empirical perspectives and conceptual implications // Psychology Bulletin. – 1993. – Vol. 114, № 2. – P. 296–322.
7. Eckberg D. L. Correlation among heart rate variability components and autonomic mechanisms // Dynamic electrocardiography. – N. Y. : Blackwell Futura, 2004. – P. 31–39.
8. Malpas S. C. Sympathetic nervous system overactivity and its role in the development of cardiovascular disease // Physiological Reviews. – 2010. – Vol. 90, № 2. – P. 513–557.
9. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standard of measurement, physiological interpretation and clinical use // Circulation. – 1996. – Vol. 93, № 5. – P. 1043–1065.
10. Yasuma F., Hayano J. Respiratory sinus arrhythmia: why does the heartbeatsynchronize with respiratory rhythm? // Chest. – 2004. – Vol. 125, № 2. – P. 683–690.

© Remizova N. M., 2016

Remizova, Nadezhda Mikhailovna – Post-graduate Student, Department of Biology and Basics of Medical Knowledge, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, Russia; e-mail: ndanglanrn@gmail.com

The article was contributed on March 31, 2016