

УДК 615.835.14.015

## ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИНТЕРВАЛА QT, ДИСПЕРСИЯ ИНТЕРВАЛА QT У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПРЕРЫВИСТОЙ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ\*

М.В. Мензоров<sup>1</sup>, А.М. Шутов<sup>1</sup>, Е.Д. Пупырева<sup>1</sup>,  
Н.В. Ларионова<sup>2</sup>, М.В. Балыкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ульяновский государственный университет,  
<sup>2</sup>ГУЗ «Центральная городская клиническая больница»

В работе изучена длительность интервала QT, дисперсии интервала QT у спортсменов высокой квалификации при воздействии прерывистой нормобарической гипоксии. Использование у спортсменов высокой квалификации прерывистой нормобарической гипоксии в режиме чередования шести 5-минутных циклов гипоксии с дыханием газовой смесью с 10 % содержанием кислорода с 5-минутными интервалами отдыха с дыханием атмосферным воздухом не ведет к клинически значимым изменениям длительности интервала QT и дисперсии интервала QT при исходно нормальном их уровне.

**Ключевые слова:** прерывистая нормобарическая гипоксия, интервал QT, дисперсия интервала QT, холтеровское мониторирование электрокардиограммы, электрическая стабильность миокарда.

**Введение.** Нормобарическая гипоксия стала использоваться в подготовке спортсменов высокого класса с 80-х гг. прошлого века, при этом наибольшее распространение в спорте получила прерывистая нормобарическая гипоксия (ПНГ), применение которой позволяет повысить общую и специальную работоспособность спортсменов [2].

В то же время влияние ПНГ на состояние сердца, в т.ч. на электрическую стабильность миокарда, изучено недостаточно. Ранее полученные нами данные показали, что у здоровых людей при проведении острой нормобарической гипоксии газовой смесью с концентрацией кислорода 10 % в течение 10 мин, увеличивается продолжительность скорректированного интервала QT, который у одного из обследуемых достигал величины, ассоциированной с повышением вероятности появления желудочковых аритмий [1].

В настоящее время проблема внезапной смерти в спорте крайне актуальна. Это связано с тем, что общество воспринимает гибель спортсменов, как наиболее здоровой своей части, крайне трагично. Среди сердечно-сосудистых причин внезапной смерти у спортсменов наиболее часто встречаются: гипертрофическая кардиомиопатия, врожденные аномалии коронарных артерий, миокардит, синдром Марфана, аритмогенная дисплазия правого желудочка, синдром Бругада, синдром удлиненного интервала QT [3]. Эти заболевания могут остаться нераспознанными, поскольку далеко не всегда проявляются клинически [3].

В связи с актуальностью проблемы, Европейским обществом кардиологов разработаны Рекомендации по участию в соревнованиях спортсменов с отклонениями со стороны сердечно-сосудистой системы [8], а Всероссийским научным обществом кардиологов – Рекомендации по допуску спортсменов с отклонениями со стороны сердечно-сосудистой системы к тренировочно-соревновательному процессу [3].

\* Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (№ 14.740.11.1198 от 14.06.11 г.).

Одним из способов оценки электрической стабильности миокарда является определение дисперсии интервала QT, свидетельствующей о негомогенности реполяризации миокарда, увеличение которой может быть предиктором возникновения жизнеугрожающих аритмий [6]. В данном контексте актуальным становится использование холтеровского мониторирования электрокардиограммы (ЭКГ), которое позволяет фиксировать изменения в течение всего периода гипоксии, а не одновременно, как при стандартной электрокардиографии.

**Цель исследования.** Изучение длительности интервала QT, дисперсии интервала QT у спортсменов высокой квалификации при воздействии прерывистой нормобарической гипоксии.

**Материалы и методы.** В период подготовки к соревнованиям восьми спортсменкам-легкоатлеткам высокой квалификации (мастера спорта, кандидаты в мастера спорта) в возрасте от 16 до 28 лет ( $19,60 \pm 3,85$  года) проводились гипоксические тренировки с использованием гипоксикатора «Тибет-4». Исследуемые не имели сердечно-сосудистых заболеваний в анамнезе. Тем не менее с целью исключения заболеваний сердца всем обследуемым проводилось эхокардиографическое исследование (ЭХО-КГ) в M-режиме согласно рекомендациям Американского общества эхокардиографии [9]. Диастолическую функцию левого желудочка исследовали с помощью доплерэхокардиографии из верхушечного доступа в 4-камерном сечении сердца. При оценке диастолического наполнения придерживались совместных рекомендаций Европейского общества эхокардиографии и Американского общества эхокардиографии [10].

Сеанс гипоксии включал в себя шесть 5-минутных циклов гипоксии, в течение которых производилось дыхание газовой смесью с 10 % содержанием кислорода, чередующихся с 5-минутными периодами отдыха, во время которых обследуемые дышали атмосферным воздухом. Суммарное время дыхания газовой гипоксической смесью составило 30 мин [4]. До и после гипоксии регист-

рировалось систолическое артериальное давление (САД) и диастолическое артериальное давление (ДАД). Во время гипоксических тренировок проводилось холтеровское мониторирование ЭКГ с использованием регистратора «Кардиотехника 04-3» (ЗАО «Инкарт», г. Санкт-Петербург). Измерения проводились в отведениях V4, Y, V6 в автоматическом режиме. Оценивались частота сердечных сокращений (ЧСС), длительность интервала QT (QT), скорректированного интервала QT (QTc), дисперсия интервала QT (QTd).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы Statistica for Windows 6.0. Достоверность различий между параметрами определяли при их нормальном распределении по критерию *t* Стьюдента для несвязанных переменных или по критерию Вилкоксона, если распределение отличалось от нормального. В случае приближенно нормального распределения данные представлены в виде  $M \pm SD$ , где *M* – среднее арифметическое, *SD* – стандартное отклонение. В противном случае данные представлены в виде *Me* (ИКР), где *Me* – медиана, ИКР – интерквартильный размах: 25 перцентиль – 75 перцентиль. Различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Результаты эхокардиографии и доплерографии представлены в табл. 1. У одной из спортсменок была выявлена дополнительная трабекула в полости левого желудочка, других изменений структуры сердца у исследуемых не обнаружено. Концентрическое ремоделирование левого желудочка (относительная толщина стенок более 0,43) было выявлено только у одной спортсменки, у остальных геометрия ЛЖ была нормальной. Не выявлено нарушений систолической и диастолической функций левого желудочка ни у одной из обследуемых.

Результаты оценки ЧСС, QT, QTc, QTd как до, так и во время воздействия прерывистой нормобарической гипоксии по данным холтеровского мониторирования ЭКГ представлены в табл. 2.

Таблица 1

## Результаты эхокардиографии и доплерографии у спортсменок-легкоатлеток

Показатель	Значение
ЗСЛЖ, мм	9,40±0,84
МЖП, мм	7,80±1,11
КДР, мм	46,80±4,94
ММЛЖ, г	134,50±22,26
ИММЛЖ, г/м <sup>2</sup>	85,60±13,33
ОТС, см	0,30±0,07
ФВ, %	62,10±3,83
Е, м/с	0,90±0,15
А, м/с	0,40±0,07
Е/А	2,30±0,65
IVRT, мс	78,20±10,43
DT, мс	165,90±21,22

**Примечание.** ЗСЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка; МЖП – толщина межжелудочковой перегородки; КДР – конечный диастолический размер; ММЛЖ – масса миокарда левого желудочка; ИММЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка (ЛЖ); ОТС – относительная толщина стенки левого желудочка; ФВ – фракция выброса; Е – максимальная скорость раннего диастолического наполнения; А – максимальная скорость наполнения левого желудочка в систолу предсердий; Е/А – отношение максимальной скорости раннего диастолического наполнения к максимальной скорости наполнения в систолу предсердий; IVRT – время изоволюмического расслабления ЛЖ; DT – время замедления кровотока раннего диастолического наполнения ЛЖ.

Таблица 2

**Частота сердечных сокращений, длительность интервала QT, корригированного интервала QT, дисперсии QT до и во время воздействия ПНГ по данным холтеровского мониторирования ЭКГ у спортсменок высокой квалификации (M±SD)**

Показатель	До ПНГ	1 цикл ПНГ	2 цикл ПНГ	3 цикл ПНГ	4 цикл ПНГ	5 цикл ПНГ	6 цикл ПНГ	P
ЧСС, 1/мин	82,30±9,62	80,80±12,78*	79,0±13,1	76,40±11,78	75,90±12,63	74,70±13,32	74,70±13,11*	0,02
QT, мс	365,90±41,28	364,50±28,99*	367,40±35,60	372,30±32,92	373,50±32,57	377,10±31,17	377,6±31,2*	0,01
QTc, мс	419,00±13,64	419,00±13,67*	417,30±12,93	416,4±16,6	415,30±14,78	415,00±17,21	414,80±17,04*	0,40
QTd, мс	8,5 (ИКР: 7,0–13,5)	8,0 (ИКР: 6,0–9,5)*	6,5 (ИКР: 4,5–12,0)	7,5 (ИКР: 5,5–9,5)	9,0 (ИКР: 5–12)	9,0 (ИКР: 7–12)	8,5 (ИКР: 7,5–11,0)*	0,94

**Примечание.** \* – различия достоверны по сравнению с показателями до ПНГ.

На фоне ПНГ выявлено достоверное урежение ЧСС с 1-го по 6-й циклы гипоксии ( $80,8 \pm 12,78$  и  $74,70 \pm 13,11$  уд./мин соответственно;  $p=0,02$ ). Кроме того, обнаружено увеличение длительности интервала QT с  $364,50 \pm 28,99$  мс в первом цикле гипоксии до  $377,6 \pm 31,2$  мс в шестом цикле гипоксии ( $p=0,01$ ), которое, однако, не достигало кли-

нически значимой (аритмогенной) величины (рис. 1). При этом на фоне ПНГ не выявлено значимых изменений QTc ( $419,0 \pm 13,67$  мс в первом цикле гипоксии и  $414,80 \pm 17,04$  мс в шестом цикле;  $p=0,40$ ) (рис. 2) и дисперсии интервала QT ( $8,0$  (ИКР:  $6,0-9,5$ ) мс в первом цикле гипоксии и  $8,5$  (ИКР:  $7,5-11,0$ ) мс в шестом цикле;  $p=0,94$ ) (рис. 3).

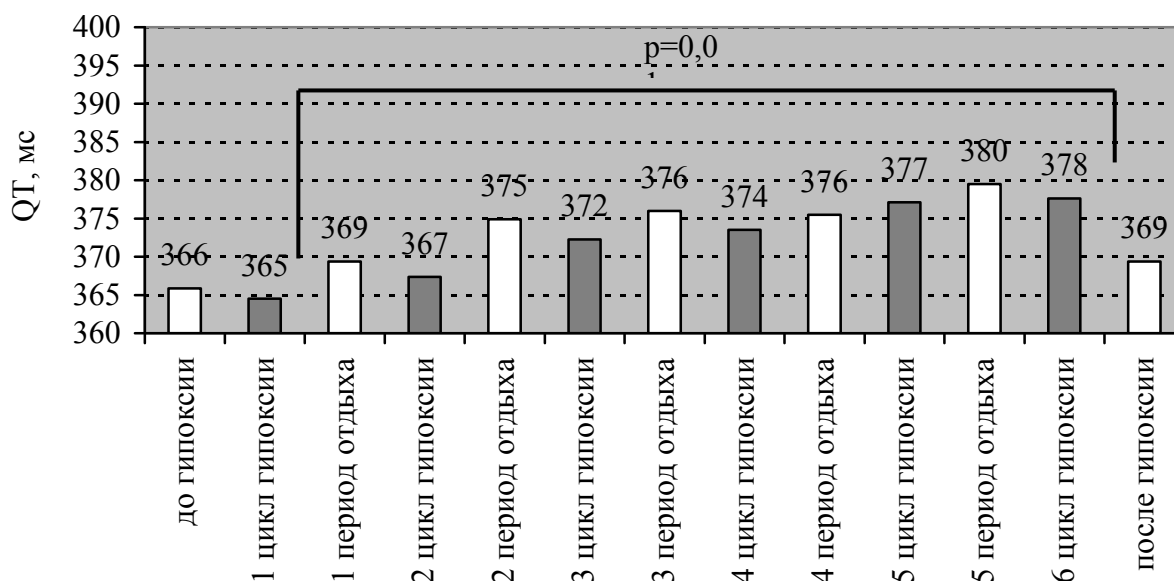


Рис. 1. Продолжительность интервала QT до, на фоне и после воздействия ПНГ по данным холтеровского мониторирования ЭКГ у спортсменок высокой квалификации

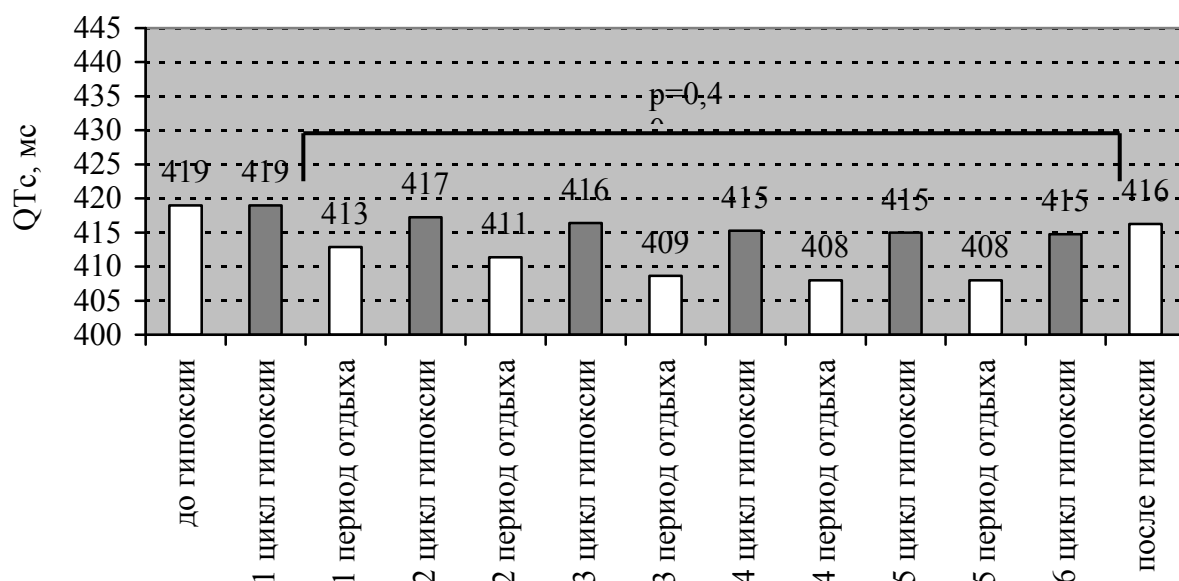


Рис. 2. Продолжительность скорректированного интервала QT до, на фоне и после воздействия ПНГ по данным холтеровского мониторирования ЭКГ у спортсменок высокой квалификации

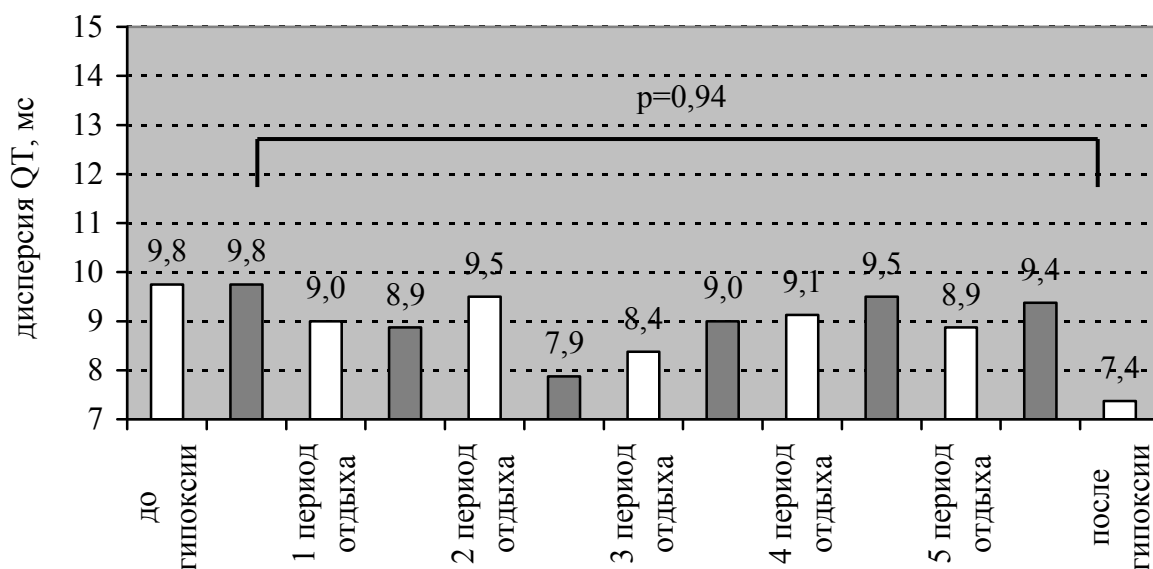


Рис. 3. Дисперсия интервала QT до, на фоне и после воздействия ПНГ по данным холтеровского мониторинга ЭКГ у спортсменок высокой квалификации

САД до и после ПНГ достоверно не изменялось и оставалось в пределах нормальных значений ( $110,00 \pm 7,56$  и  $108,80 \pm 9,91$  мм рт. ст. соответственно;  $p=0,69$ ), аналогичная ситуация наблюдалась в отношении ДАД ( $68,80 \pm 8,35$  и  $63,80 \pm 7,44$  мм рт. ст. соответственно;  $p=0,14$ ).

Известно, что при удлинении интервала QT повышается риск развития аритмий, в т.ч. полиморфной (torsade de pointes) желудочковой тахикардии [11]. По результатам нашего исследования интервал QT на фоне воздействия ПНГ в среднем увеличивался всего на 0,01 с, что вряд ли способно оказать влияние на здоровых людей.

Удлинение интервала QT бывает как генетически обусловленным [5], так и приобретенным и в ряде случаев наблюдается у больных артериальной гипертензией, ожирением и другой патологией. Продолжительность интервала QT может изменяться под влиянием различных медикаментов. Список лекарственных препаратов, увеличивающих продолжительность интервала QT, включает более 40 наименований. Среди них наиболее распространены эритромицин, кларитромицин, амитриптилин, флуконазол, сальбутамол [5]. Следует учесть, что спортсмены могут при-

нимать данные лекарственные препараты по поводу различных заболеваний, в этом случае нельзя исключить потенцирование эффекта гипоксии и лекарственного препарата. Даже небольшое дополнительное увеличение продолжительности интервала QT, вызванное гипоксией, у больных с синдромом удлиненного интервала QT может в ряде случаев вызвать желудочковую аритмию.

В ряде исследований продемонстрирована прогностическая значимость не только удлинения интервала QT, но и увеличения дисперсии интервала QT в отношении возникновения желудочковых аритмий и внезапной смерти [12]. Установлено увеличение дисперсии интервала QT у больных ишемической болезнью сердца при проведении велоэргометрической пробы [13]. В то же время при гипертрофии левого желудочка и отсутствии изменений в коронарных артериях физическая нагрузка не ведет к увеличению дисперсии интервала QT [7]. У обследованных нами спортсменок высокой квалификации дисперсия интервала QT достоверно не менялась. Следует учесть, что у них уже в силу молодого возраста (16–28 лет) и женского пола не предполагалось наличие коронарного атеросклероза. Полученные нами

данные свидетельствуют, что ПНГ в режиме чередования шести 5-минутных циклов гипоксии с дыханием газовой смесью с 10 % содержанием кислорода с 5-минутными интервалами отдыха с дыханием атмосферным воздухом не ведет к увеличению негомогенности пространственной реполяризации в миокарде, электрокардиографическим отражением которой является увеличенная дисперсия интервала QT.

**Заключение.** Воздействие прерывистой нормобарической гипоксии у спортсменок высокой квалификации в режиме чередования шести 5-минутных циклов гипоксии с дыханием газовой смесью с 10 % содержанием кислорода с 5-минутными интервалами отдыха с дыханием атмосферным воздухом не ведет к клинически значимым изменениям длительности интервала QT и дисперсии интервала QT при исходно нормальном их уровне.

1. Влияние острой нормобарической гипоксии на состояние сердца у здоровых людей / О. В. Трошенькина [и др.] // Ульяновский медико-биологический журн. – 2011. – № 4. – С. 77–84.

2. Колчинская А. З. Интервальная гипоксическая тренировка в спорте высших достижений / А. З. Колчинская // Спортивная медицина. – 2008. – № 1. – С. 9–25.

3. Национальные рекомендации по допуску спортсменов с отклонениями со стороны сердечно-сосудистой системы к тренировочно-соревновательному процессу // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2011. – Прил. № 6.

4. Нормобарическая гипокситерапия / Н. А. Разолов [и др.] // Методические рекомендации для авиационных врачей. – М., 2002. – С. 19.

5. Ольбинская Л. И. Синдром удлиненного интервала QT / Л. И. Ольбинская, С. Б. Игнатенко // Клиническая фармакология и терапия. – 1999. – № 5. – С. 44–46.

6. Acute ischaemia: a dynamic influence on QT dispersion / S. C. Sporton [et al.] // Lancet. – 1997. – Vol. 349. – P. 306–309.

7. Assessment of QT interval and QT dispersion for prediction of all-cause and cardiovascular mortality in American Indians: The Strong Heart Study / P. M. Okin [et al.] // Circulation. – 2000. – Vol. 101. – P. 61–66.

8. Recommendations for competitive sports participation in athletes with cardiovascular disease. A consensus document from the Study Group of Sports Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology, and the Working Group of Myocardial and Pericardial diseases of the European Society of Cardiology / A. Pelliccia [et al.] // Eur. Heart J. – 2005. – Vol. 26. – P. 1422–1445.

9. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. American Society of Echocardiography Committee on Standards, Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms / N. B. Schiller [et al.] // J. of the American Society of Echocardiography. – 1989. – Vol. 2. – P. 358–367.

10. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography / S.F. Nagueh [et al.] // European J. of Echocardiography. – 2009. – Vol. 10. – P. 165–193.

11. The inherited long QT syndrome: from ion channel to bedside / G. M. Vincent [et al.] // Cardiology Review. – 1999. – Vol. 7. – P. 44–45.

12. The prognostic value of the QT interval and QT interval dispersion in all-cause and cardiac mortality and morbidity in a population of Danish citizens / H. Elming [et al.] // European Heart J. – 1998. – Vol. 19. – P. 1391–1400.

13. Usefulness of the QTc interval in predicting myocardial ischemia in patients undergoing exercise stress testing / D. Arab [et al.] // The American Journal of Cardiology. – 2000. – Vol. 85. – P. 764–766.

## QT INTERVAL, QT DISPERSION IN HIGH LEVEL ATHLETES UNDER THE INFLUENCE OF INTERMITTENT NORMOBARIC HYPOXIA

M.V. Menzorov<sup>1</sup>, A.M. Shutov<sup>1</sup>, E.D. Pupyreva<sup>1</sup>, N.V. Larionova<sup>2</sup>, M.V. Balykin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Ulyanovsk State University,*

<sup>2</sup>*Central Clinical Hospital of Ulyanovsk*

The purpose of this study was to examine the length of intervals QT, QT dispersion during intermittent normobaric hypoxic training in high level athletes. There was found out a significant increase of QT interval during exposure of intermittent normobaric hypoxia in high level athletes. However, it didn't reach clinically significant (arrhythmogenic) value. While the length of corrected QT interval, QT dispersion didn't significantly change either. The application of intermittent normobaric hypoxia trainings consists of six intervals of five minutes breathing hypoxic (10 % oxygen) air, alternated with intervals of five minutes breathing ambient air didn't lead to clinical significant increase intervals QT and QT dispersion in high level female athletes.

**Keywords:** intermittent normobaric hypoxia, QT interval, QT dispersion, holter monitoring ECG, myocardial electrical stability.