

ИЗМЕНЕНИЯ РИТМА СЕРДЦА И ДЫХАНИЯ ПРИ ОСТРОЙ ОБЩЕЙ ХОЛОДОВОЙ ТРАВМЕ

Д. Ю. Коннов, Т. Ю. Коннова, С. А. Лукьянов, К. Г. Шаповалов

Читинская государственная медицинская Академия
Россия, 672090, г. Чита, ул. Горького 39-а

Changes in Heart Rhythm and Breathing in Acute Systemic Injury Due to Cold

D. Yu. Konnov, T. Yu. Konnova, S. A. Lukyanov, K. G. Shapovalov

Chita State Medical Academy
39-a, Gorky St., Chita 672090, Russia

Цель работы – выявить закономерности изменения ритма сердца и дыхания у больных с острой общей холодовой травмой в гипотермическом и раннем постгипотермическом периодах. **Материалы и методы.** Обследовано 30 пациентов в возрасте от 18 до 60 лет (3 группы по 10 больных – с легкой, средней и тяжелой степенью холодовой травмы) в гипотермическом и раннем постгипотермическом периодах. Группы больных не отличались по полу, возрасту и массе тела. Всем пациентам при поступлении проводили электрокардиографию высокого разрешения по Холтеру в течение первых 24-часов, с помощью, которой зарегистрированы нарушения ритма сердца и дыхания. **Результаты.** На фоне проводимой терапии, установлено, что у пациентов по мере возрастания степени тяжести острой общей холодовой травмы, снижалась частота сердечных сокращений (от 102 [90; 122] ударов в минуту в 1 группе до 49 [38; 58] ударов в минуту в 3 группе), и возрастал циркадный индекс (от 105 [88; 125]% в 1 группе до 210 [185; 223]% в 3 группе). С увеличением степени гипотермии у пострадавших выявляли прогрессирующие нарушения ритма и электрической проводимости сердца: миграцию наджелудочкового водителя ритма, одиночные и парные наджелудочковые экстрасистолы, пароксизмы предсердной тахикардии, фибрилляции предсердий, желудочковые экстрасистолы. Отмечали снижение вариабельности сердечного ритма во всех исследуемых группах, в наибольшей степени у больных с тяжелой общей холодовой травмой. Поздние потенциалы желудочков были обнаружены у 2 пациентов со средней степенью и у 7 пациентов с тяжелой степенью холодовой травмы. Нарушения дыхания регистрировали во всех группах исследования, причем максимальное повышение частоты и длительности эпизодов апноэ/гипопноэ отмечали у больных с тяжелой формой гипотермии. Летальный исход наступил у 4 из 10 пациентов с критической гипотермией в результате возникновения идиовентрикулярного ритма с переходом в асистолию. **Заключение.** Системная гипотермия сопровождается нарушением ритма и электрической проводимости сердца, а также депрессией дыхания, которые прогрессируют по мере возрастания тяжести острой общей холодовой травмы и в случае критической гипотермии могут привести к летальному исходу. **Ключевые слова:** острая общая холодовая травма, суточное мониторирование ЭКГ, ЭКГ высокого разрешения, вариабельность сердечного ритма, поздние потенциалы желудочков, реопневмограмма.

Objective: to reveal the patterns of a change in heart rhythm and breathing in patients with acute systemic injury due to cold in hypothermic and early posthypothermic periods. **Subjects and methods.** Thirty patients aged 18 to 60 years (3 groups of 10 patients with mild, moderate, and severe cold injury) were examined in hypothermic and posthypothermic periods. The patient groups did not differ in gender, age, and weight. Within the first 24 hours after admission, all the patients underwent high-resolution Holter electrocardiographic monitoring that recorded cardiac arrhythmias and breathing disorders. **Results.** During the therapy performed, as the degree of acute systemic cold injury increased, the patients were found to have a heart rate reduction (from 102 [90; 122] beats/min in Group 1 to 49 [38; 58] beats/min in Group 3) and a circadian index increase (from 105 [88; 125]% in Group 1 to 210 [185; 223]% in Group 3). With increased hypothermia, the victims were detected to have progressive cardiac rhythm and cardiac electrical conduction disturbances, such as supraventricular pacemaker migration, single and paired supraventricular premature beats, paroxysmal atrial tachycardia, atrial fibrillations, and ventricular premature beats. There was decreased heart rhythm variability in all the study groups, to the greatest extent in the patents with severe systemic cold injury. Late ventricular potentials were found in 2 and 7 patients with moderate and severe cold injury, respectively. Breathing disorders were recorded in all the study groups, the greatest increase in the frequency and duration of apnea/hypopnea episodes was noted in the patients with severe hypothermia. A fatal outcome occurred in 4 of the 10 patients with critical hypothermia due to the occurrence of idioventricular rhythm with transition to asystole. **Conclusion.** Systemic hypothermia is accompanied by cardiac rhythm and cardiac electrical conduction disturbances and respiratory depression, which progress with the higher degree of acute systemic cold injury and, in case of critical hypothermia, may lead to a fatal outcome. **Key words:** acute systemic injury due to cold, 24-hour ECG monitoring, high-resolution ECG, heart rhythm variability, late ventricular potentials, rheopneurogram.

DOI:10.15360/1813-9779-2015-3-16-23

Адрес для корреспонденции:

Денис Коннов
E-mail: konnov1917@mail.ru

Correspondence to:

Denys Konnov
E-mail: konnov1917@mail.ru

Введение

Известно, что холодовая травма часто встречается в регионах Сибири и на Крайнем Севере, где поражение организма холодом является краевой патологией. Ежегодно регистрируется значительный уровень летальности в результате действия холода (по данным областного судебно-медицинского бюро г. Читы, в период с 2001 г. по 2010 г. погибло 1472 человека) [1]. Вместе с тем, патогенез и танатогенез холодовой травмы требует уточнения.

При острой общей холодовой травме (ООХТ) минимальная температура тела, совместимая с жизнью, составляет $+24 - +26^{\circ}\text{C}$ [2]. Течение данной патологии зависит от функционального состояния нервных центров (глубокие структуры головного мозга, ретикулярная формация ствола мозга, центры симпатической иннервации) раздражение которых происходит под влиянием глубоких рецепторов (сосредоточенных в гипоталамусе, таламусе, среднем, продолговатом мозге, в верхних отделах спинного мозга), терморецепторов кожи, слизистых оболочек, термических рецепторов сосудов [3]. Холодовой фактор приводит к нарушениям вегетативного статуса, проявляющихся вегетативным дисбалансом, в том числе, нарушениями ритма и электрической проводимости сердца [4,5]. При гипотермии 30°C возникают: синусовая брадикардия, удлинение интервала PQ, комплекса QRS, интервала QT, инверсия зубца T, появление зубца U, может развиваться мерцательная аритмия, атриовентрикулярный узловый ритм, желудочковая тахикардия, смещение сегмента ST вверх и появление зубца Осборна — J wave, а при температуре $29^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$ резко возрастает опасность развития фибрилляции желудочков сердца, которая может возникнуть не только в гипотермическом периоде, но и в процессе согревания [6, 7].

В условиях глубокой гипотермии первичной причиной смерти является остановка дыхания [8]. По мере снижения температуры тела возрастает сродство гемоглобина с кислородом, повышается вязкость крови, снижается насосная функция сердца и легочная вентиляция, угнетается активность дыхательных центров [8, 9].

Следует отметить, что проведенные комплексные исследования нарушений сердечного ритма и дыхания касаются, прежде всего, кардиологических и пульмонологических больных. У пациентов с острой общей холодовой травмой подобные исследования единичны. В связи с этим, цель данной работы — выявление закономерностей изменения ритма сердца и дыхания у больных с острой общей холодовой травмой в гипотермическом и раннем постгипотермическом периодах представляется весьма актуальной.

Материал и методы

В исследование включили 30 пациентов в возрасте от 18 до 60 лет (3 группы по 10 больных — с легкой, средней и тяжелой степенью гипотермии), госпитализированных в отделение реанимации центра термической травмы городской клинической больницы №1 г. Читы в гипотермическом периоде ООХТ. Группы больных не отличались по полу, возрасту и массе тела.

Introduction

Injury due to cold (IDC) occurs frequently in the Siberian and Far North areas where it is defined as a regional pathology. A significant mortality level due to cold exposure is registered annually. According to Chita Regional Forensic Bureau, 1472 persons died because of cold injury during the period of 2001–2010 [1]. At present the pathogenesis and thanatogenesis of IDC has not been studied properly despite of numerous research works.

In acute IDC the temperature limits for the human body are $24-26^{\circ}\text{C}$. [2]. The course of this pathology depends on the functional condition of the nerve centers (deep brain structures, reticular formation of the brain stem, sympathetic innervations centers) irritated by deep receptors (concentrated in hypothalamus, thalamus, midbrain, medulla, and in the upper part of the spinal cord), skin and mucosa thermal receptors and those of the blood vessels [3]. It leads to vegetative status disturbance revealed by the vegetative imbalance and cardiac rhythm changes [4]. At the beginning of exposure to low temperature, the changes in autonomic tone type revealed by sympathicotonia are initiated. Cardiac activity increases at the beginning of body cooling and then gradually decreases with lowering of body temperature up to $32-30^{\circ}\text{C}$. Marked bradycardia, decreases of systolic blood pressure and minute and stroke volumes are becoming evident [5, 6]. Various cardiac rhythm disturbances occur when the body temperature falls to 30°C including sinus bradycardia, prolongation of PQ and QT intervals, prolongation of QRS complex, T-wave inversion, emerging of U-wave. Atrial fibrillation, atrioventricular nodal rhythm, ventricular tachycardia are also developed. When the body temperature is $29-28^{\circ}\text{C}$, a danger of ventricular fibrillation sharply increases, which may occur not only during the lowering of body temperature, but also during body warming. The shift of ST segment and emerging of J-wave are an evidence of cardiac fibrillation [6, 7].

Respiratory arrest is an initial cause of death in deep hypothermia [8]. Since the body temperature decreases, the oxygen affinity of hemoglobin as well as blood viscosity increases. Decrease of cardiac activity and pulmonary ventilation is observed. It depresses the respiratory centers, pulmonary ventilation and reduces the blood oxygen saturation and respiratory arrest [8, 9].

It is worth of noting that deep investigations of the changes of heart rhythm concern predominantly the pathology of cardiological and pulmonological profiles. As for the investigations of marked impairments of cardiac activity and respiration in patients with cold injury, there are only some of them. Most of studies dealing with the peculiarities of blood circulation in cold injury consider only the periods of the localized injury to body parts — peripheral cold injury. The purpose of this study was to identify patterns of changes of heart rhythm and respiratory changes in patients with IDC of various severity.

Таблица 1. Основные клинические показатели пациентов с общей острой холодовой травмой (ООХТ).
Table 1. Main clinical parameters in patients with acute systemic hypothermia (IDC).

Main clinical parameters	Mild IDC	Moderate IDC	Severe IDC
Rectal temperature (°C)	35.3 [34.2; 36.1]	33.6 [32.4; 35.0]	31.0 [30.1; 32.3]
Consciousness	clear	sopor	coma I–II
Systolic arterial pressure (mm Hg)	136 [122; 145]	112 [101; 120]	75 [63; 88]
Diastolic arterial pressure (mm Hg)	98 [88; 104]	68 [60; 73]	33 [30; 38]
Heart rate (beats per minute)	102 [90; 122]	88 [65; 104]	52 [38; 66]
Respiration rate (breaths per min)	24 [19; 27]	15 [12; 18]	11 [10; 14]
Glycemia (mM/L)	4.2 [3.3; 5.7]	2.6 [2.2; 3.2]	1.7 [1.5; 1.8]

Note (примечание): Main clinical parameters — основные клинические показатели; rectal temperature — температура тела в прямой кишке; consciousness — степень утраты сознания; clear — ясное; sopor — сонор; coma — кома; systolic arterial pressure — систолическое артериальное давление; diastolic arterial pressure (mm Hg) — диастолическое артериальное давление (мм рт. ст.); heart rate (beats per minute) — частота сердечных сокращений (уд./мин.); respiration rate (breaths per min) — частота дыхания (вдохов в минуту); glycemia (mM/L) — уровень гликемии (ммоль/л); mild IDC — легкая степень ООХТ; moderate IDC — средняя степень ООХТ; severe IDC — тяжелая степень ООХТ.

Во всех группах исследования алкогольное опьянения диагностировали в 100% наблюдений; в группах со средней и тяжелой степенью ООХТ — по 2 наблюдения алкогольного опьянения в сочетании с черепно-мозговой травмой; в группе с тяжелой степенью гипотермии — 1 наблюдение алкогольного опьянения в сочетании с эндогенным психотическим расстройством. Критерии исключения из исследования: туберкулез легких, сахарный диабет, кахексия различной этиологии, ХОБЛ, ИБС, заболевания сосудов, ревматизм с поражением сердца, преморбидные нарушения сердечного ритма, исходное удлинение интервала QT, острое нарушение мозгового кровообращения, сепсис, хроническая алкогольная интоксикация. Продолжительность догоспитальной гипотермии составляла до 4 часов. Диагноз и степень тяжести ООХТ устанавливались на основании клинической картины заболевания и оценивались по шкале Сизоненко В. А., 2010 [1] (табл. 1).

Для исследования ритма и электрической проводимости сердца у пострадавших в гипотермическом и раннем постгипотермическом периодах острой общей холодовой травмы использовали электрокардиографию высокого разрешения по Холтеру в течение первых 24-часов. Для этого применяли носимый портативный кардиорегистратор — аппаратно-программный комплекс «Кардиотехника-04» — Vs 3419. ЭКГ регистрировали в 12 общепринятых отведениях и отведениях по Франку. Для исследования дыхания выполняли реопневмограмму. Формирование клинического заключения проводили по данным холтеровского мониторирования [10]. Пациентам применяли респираторную терапию, инфузию теплых растворов, введение глюкозы и вазопрессоров (при гипотонии). В случае остановки сердечной деятельности выполняли реанимационное пособие в соответствии с рекомендациями ECP (2010).

Расшифровку и анализ полученных данных проводили с помощью программы KTRResult 2, версия 2.4.143. Статистическую обработку данных выполняли методами непараметрической статистики с использованием критерия Манна-Уитни для количественных показателей, критерия хи-квадрат Пирсона — для качественных. Расчеты осуществляли с помощью программ SPSS 11.0 и Statistica 7.0 [11]. Числовые данные представлены в виде медианы [25; 75 перцентиль]. Статистически значимыми различия показателей в исследуемых группах считались при уровне $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

При оценке средней ЧСС и циркадной динамики выявляли тахикардию до 102 [90; 122] ударов в минуту и снижение циркадного индекса до 105 [88; 125]% у 10 пациентов I группы. У 6 пациентов II группы отмечали тахикардию до 91 [83; 104] удара в минуту со снижени-

Materials and Methods

The study included 30 patients (18–60 years old) subdivided into three groups of injured patients, 10 patients per group, with mild, moderate and severe course of IDC hospitalized in Intensive Care Unit (ICU) of Regional Thermal Injury Center of the First city clinical hospital of the Chita city. Groups did not differ in age, gender and body mass. In a group with a mild hypothermia in 100% of cases the alcohol use was defined; in patients with moderate and severe IDC two cases/each group with alcohol use combined with brain trauma were diagnosed. Excluded from the study were patients with tuberculosis, diabetes mellitus, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), ischemic heart disease, cachexy of different etiology, vascular disorders, neuritis, rheumatism, premorbid alterations of the heart rhythm, acute impairment of the cerebral circulation, sepsis. Pre-hospitalization period was established as up to four hours post-hypothermal insult. The severity of IDC was estimated on the basis of V.A. Sizonenko scale [1] (Table 1).

The method of electrophysiological high definition instrumental diagnostics, the ECG Holter monitoring was employed to study the heart rhythm and observe the cardiac activity. The observation lasted for 24 hours. For these purposes a portable cardiorecorder for daily recording of ECG «Kardiotekhnika-04» Vs 3419 was used at a ECG data were routinely recorded in 12 abductions [10]. Patients were receiving respiratory therapy, infusion of warm solutions, glucose solution and vasopressors as needed in hypothermia. In cases of cardiac arrest the resuscitation protocol and recommendations of ECP (2010) was employed.

The interpretation and analysis of the data was assisted by the program KTRResult 2, version 2.4.143. Statistical treatment of all data was performed with the aid of non-parametric statistics using Mann-Whitney criterium for quantitative indices and Chi-square for qualitative indices. Data were computed with the aid of SPSS 11.0 and Statistica 7.0 programs [11]. The numeric data were presented as medians (Me) and [25, 75 percentile].

Results and Discussion

Tachycardia up to 102 bpm [90, 122] and a decrease of circadian index up to 105% [88, 125] were revealed in 10 patients of the group 1. Tachycardia was 91 bpm [83, 104] in 6 patients of the group 2. Circadian index decreased up to 116% [98%, 133%]. Normocardia (77 bpm [65, 85]) and a decrease of circadian index (150% [122%, 176%]) were revealed in 4 patients of the group 2. Difference between the daily heart rate and circadian dynamics in patients of the and groups 1 and 2 was significant ($P=0.039$ and $P=0.02$, correspondingly).

Таблица 2. Нарушения ритма и проводимости сердца у пациентов с ООХТ.**Table 2. Alterations of cardiac rhythm and conductivity in IDC patients.**

Alterations of cardiac rhythm and electrical conductivity	Mild degree	Moderate degree	Severe degree
Migration of supraventricular pacemaker	+	+	+
Supraventricular extrasystoles	+	+	+
Paroxysmal supraventricular tachycardia		+	+
Paroxysmal atrial fibrillation		+	+
Ventricular extrasystoles, 2-grade (Ryan)		+	+
Ventricular extrasystoles, 5-grade (Ryan)			+
Idioventricular rhythm			+
Asystole			+

Note (примечание): Alterations of cardiac rhythm and electrical conductivity – нарушения ритма и электрической проводимости сердца; migration of supraventricular pacemaker – миграция наджелудочкового водителя ритма; supraventricular extrasystoles – одиночные и парные наджелудочковые экстрасистолы; paroxysmal supraventricular tachycardia – пароксизмы наджелудочковой тахикардии; paroxysmal atrial fibrillation – пароксизмы фибрилляции предсердий; ventricular extrasystoles, 2-grade (Ryan) – желудочковые экстрасистолы 2 градации по Ryan; ventricular extrasystoles, 5-grade (Ryan) – желудочковые экстрасистолы 5 градации по Ryan; idioventricular rhythm – идиовентрикулярный ритм; asystole – асистолия; mild IDC – легкая степень ООХТ; moderate IDC – средняя степень ООХТ; severe IDC – тяжелая степень ООХТ.

ем циркадного индекса до 116 [98; 133]%. У 4 пациентов этой же группы – нормокардию 77 [65; 85] ударов в минуту и повышение циркадного индекса до 150 [122; 176]%. Выявляли разницу по среднесуточной ЧСС и циркадной динамике между I и II группами: $p=0,039$ и $p=0,02$ соответственно.

У 8-и пациентов III группы регистрировали брадикардию до 49 [38; 58] ударов в минуту и повышение циркадного индекса до 210 [185; 223]%, в то же время у 2-х пациентов данной группы отмечали нормокардию 63, 66 ударов в минуту с циркадным индексом 151, 156%. Таким образом, при тяжелой ООХТ выявляли склонность к брадикардии ($p=0,015$) и увеличению циркадного индекса по сравнению со средней степенью ООХТ ($p=0,04$).

Миграцию наджелудочкового водителя ритма выявили у 3-х пациентов I группы. У 3-х пациентов с легкой формой гипотермии регистрировали также одиночные и парные наджелудочковые (синусовые, предсердные) экстрасистолы. У пострадавших со средней и тяжелой степенью ООХТ выявили прогрессирование нарушений ритма и электрической проводимости сердца по мере возрастания гипотермии: миграция наджелудочкового водителя ритма, одиночные и парные наджелудочковые экстрасистолы (синусовые, предсердные), пароксизмы предсердной тахикардии (с частотой сердечных сокращений от 140 до 180 в минуту), фибрилляция предсердий (брадисистолической формы длительностью от 30 сек. до 1.5 часов и частым рецидивированием), желудочковые экстрасистолы 2, 5 градации по Ryan. У 4-х пациентов с критической гипотермией на фоне гипотонии и инфузии вазопрессоров регистрировали идиовентрикулярный ритм с переходом в асистолию. Нарушения ритма и электрической проводимости сердца, обнаруженные у пациентов с различной степенью тяжести ООХТ, приведены в табл. 2

Выявили удлинение скорректированного QT-интервала свыше 450 мс у 4 пациентов I группы в 50 [34; 66]% времени, у 7 пациентов II группы в 80 [58; 90]%

Bradycardia up to 49 bpm [38; 58] and an increase of circadian index up to 210% [185%, 223%] were revealed in 8 patients of the group 3 whereas normocardia of 63–66 bpm and circadian index of 151–156% were determined in two patients of this group. Therefore a clear trend toward bradycardia and circadian index increase were revealed in patients with a severe acute general cold injury compared to the patients with a moderate disease ($P=0.015$ and $P=0.04$, correspondingly).

Sinus rhythm with pacemaker migration was revealed in three patients with mild IDC. The abnormal number of supraventricular arrhythmias was also identified in three patients of this group. In all patients with moderate and severe forms of the disease various heart rhythm disturbances were associated with progression of other disorders, such as pacemaker migration, abnormal number of supraventricular arrhythmias (single, pair), ventricular tachycardia paroxysms, paroxysms of atrial fibrillation of a tachysystolic form combined with sinus rhythm, monomorphic ventricular 2nd Ryan grade extrasystoles, ventricular 5th Ryan grade extrasystoles were determined. Idioventricular rhythm transiting to asystole was revealed in four patients with a severe acute general cold injury (Table 1).

Corrected QT-interval prolongations for more than 450 ms were revealed in 4 patients in group 1 of 50 [34; 66] time%, 7 patients in Group 2 of 80 [58; 90] time%, and in 9 patients of group 3 during the whole observation period that was more often than in patients of groups 1 and 2 ($P=0.019$ and $P=0.033$, respectively). There was an alteration of T-waves in three patients in group 1 during 5 [4; 8]% of the time, in three patients in group 2 – 10 [6; 12]% of the time and in 6 patients in group 3 – 15 [11; 18]% of the time. In patients of group 3 alteration of T-wave observed more frequent compared to groups 1 and 2 ($P=0.015$ and $P=0.041$, respectively).

A reduction in a heart rate variability (SDNN <100 ms) was found in three patients with a mild degree and in six patients with a moderate degree of IDC. Significant

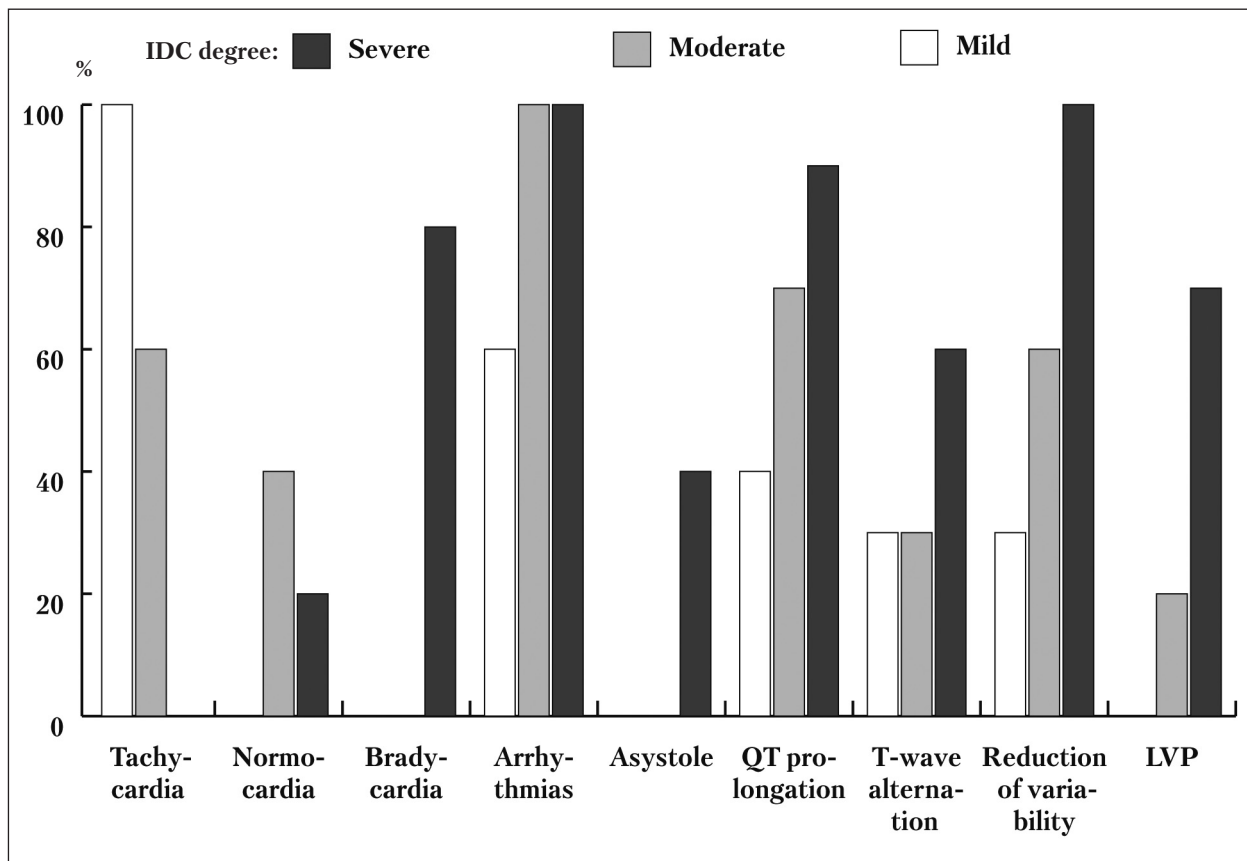


Рис. 1. Вид и общее количество аритмий, изменения желудочкового комплекса QRST, регистрируемые у больных с различной степенью тяжести ООХТ.

Fig. 1. Arrhythmia types and alterations of QRST complex in patients with IDC of various severity.

Note (примечание): Mild IDC – легкая степень ООХТ; moderate IDC – средняя степень ООХТ; severe IDC – тяжелая степень ООХТ; tachycardia – синусовая тахикардия; normocardia – нормокардия; bradycardia – синусовая брадикардия; arrhythmias – нарушения ритма; asystole – асистолия; QT prolongation – удлинение QT; T – wave alternation – альтернация волны T; reduction of variability – снижение вариабельности; LVP (late ventricular potentials) – ППЖ (поздние потенциалы желудочков).

времени и у 9 пациентов III группы на протяжении всего периода наблюдения, что чаще, чем в I и II группах исследования: ($p=0,019$) и ($p=0,033$) соответственно. Альтернацию волны T выявили в течение 5 [4; 8]% времени у 3-х пациентов I группы, в течение 10 [6; 12]% времени – у 3-х пациентов II группы и в 15 [11; 18]% времени – у 6-и пациентов III группы. У пациентов III группы чаще отмечали альтернацию T-волны по сравнению с I ($p=0,015$) и II ($p=0,041$) группами.

Установили снижение вариабельности сердечного ритма (BCP) ($SDNN < 100$ мс) у 3 пациентов с легкой степенью, у 6-и пациентов со средней степенью и значительное снижение вариабельности сердечного ритма у 10-и пациентов с тяжелой степенью ООХТ.

У пациентов III группы чаще отмечали снижение BCP по сравнению с I ($p=0,0049$) и II ($p=0,0293$) группами.

Поздние потенциалы желудочков (ППЖ) ($TotQRS > 114$ мс) обнаружены у 2 пациентов со средней степенью и у 7 пациентов с тяжелой степенью ООХТ ($p=0,0246$) Вид и общее количество аритмий, изменения желудочкового комплекса QRST, регистрировавшихся у больных с ООХТ, в зависимости от сте-

reduction in heart rate variability was noted in 10 patients with severe acute general cold injury. In patients of group 3 a decrease of HRV was more frequently observed than in groups 1 and 2 ($P=0.005$ and $P=0.029$, respectively) d.

Ventricular late potentials (LVP) ($TotQRS > 114$ ms) were found in two patients with moderate ASH and in seven patients with severe IDC (Fig. 1, $P=0.025$). The types, numbers of arrhythmias and alterations of QRST complex depending on the severity of IDC in patients are shown as a percentage in a Fig. 1.

Patients with IDC displayed breathing respiratory disorders including the episodes of apnea/hypopnea Apnea/hypopnea index (AHI) was 6 [4; 9] in patients of group 1, 10 [8; 14] in group 2 and 20 [16; 24] in patients of group 3. The differences in frequency of episodes of apnea / hypopnea between groups 1 and 2 and between groups 2 and 3 were significant ($P=0,047$ and $P=0,023$, respectively) (Fig. 2).

Changes in a heart rhythm is a universal rapid response of the human body to any exogenous signals mainly implemented through the influence on the sinoatrial node of the pacemaker system of the heart [12]. Cardiac rhythm regulation appears to be the multilevel one combining intracardiac and extracardiac mechanisms. The

пени тяжеститравм, представлены в процентном соотношении на рис. 1.

У пациентов с острой общей холодовой травмой регистрировали нарушения дыхания, характерные для эпизодов апноэ/гипопноэ. Индекс апноэ/гипопноэ (ИАГ) составил: 6 [4; 9] — в I группе, 10 [8; 14] — во II группе, и 20 [16; 24] — в группе с критической гипотермией. Выявлена разница по частоте эпизодов апноэ/гипопноэ между I и II группами ($p=0,047$) и между II и III группами соответственно ($p=0,023$) (рис. 2).

Изменение ритма сердца — универсальная реакция организма в ответ на любое экзогенное воздействие, преимущественно реализуемая за счет влияний на синоатриальный узел сердечной мышцы [12]. Известно, что регуляция сердечного ритма является многоуровневой, включающей интра- и экстракардиальные механизмы. Высший контур управления может воздействовать как нейронально (через вегетативную нервную систему), так и гуморально, посредством стимуляции выброса в кровь катехоламинов и других гормонов [13, 14]. Большинство импульсов с периферии, доходя до таламуса, вызывают ответную реакцию через гипоталамус. Возникает интенсивное раздражение гипоталамических ядер, обуславливающее постагрессивную вегетативно — эндокринную ответную реакцию: выделение гормонов задней доли гипофиза, повышение уровня катехоламинов в крови, что ведет к изменению частоты сердечных сокращений [15, 16].

В результате исследования установлено, что по мере возрастания степени тяжести острой общей холодовой травмы, у пострадавших снижалась частота сердечных сокращений и возрастал циркадный индекс. С увеличением степени гипотермии, у пациентов выявляли прогрессирование нарушений ритма и электрической проводимости сердца: от менее опасных (миграция наджелудочкового водителя ритма, наджелудочковые экстрасистолы) до летальных (идиоventрикулярный ритм, асистолия). Значительное снижение вариабельности сердечного ритма, появление поздних потенциалов желудочков, депрессию дыхания чаще отмечали у больных с тяжелой формой гипотермии. По всей видимости, нарушения ритма сердца и дыхания при общей холодовой травме имеют прямые и косвенные взаимосвязи, реализуемые на различных рефлекторных и регуляторных уровнях. Возникающие нарушения ритма и электрической проводимости сердца у пациентов с гипотермией отражают тяжесть патологии, а их прогрессирование является маркером неблагоприятного исхода. Однако, возможно, установленные нарушения определяются не только степенью гипотермии, но и множеством прочих факторов, широко встречающихся у данной категории больных: алкогольным опьянением, черепно-мозговой травмой, методиками согревания, медикаментозным воздействием, хронической патологией сердца.

Вместе с тем, нужно признать отсутствие в настоящее время необходимого объема сведений о медикаментозной коррекции данного состояния. Изме-

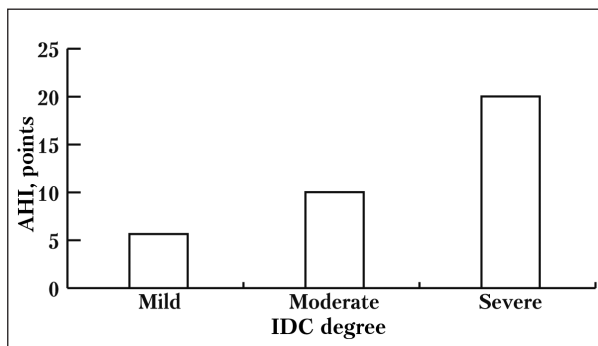


Рис. 2. Индекс апноэ/гипопноэ (ИАГ) у больных с ООХТ, в зависимости от степени тяжести ООХТ.

Fig. 2. Apnoe/hypopnoe index (AHI) in patients with IDC depending on severity of the disease.

Note (примечание): AHI, points (Less than 5 — norm; 5–14 — mild degree of respiratory disorders; 15–29 — moderate degree of respiratory disorders; > 30 — severe degree of respiratory disorders) — ИАГ (Менее 5 — норма; 5–14 — легкая степень; 15–29 — средняя степень нарушения дыхания; более 30 — тяжелая степень нарушения дыхания); mild IDC — легкая степень ООХТ; moderate IDC — средняя степень ООХТ; severe IDC — тяжелая степень ООХТ.

supreme control loop includes both neuronal (through the autonomic nervous system) and humoral (due to the discharge of catecholamines and other hormones into the blood) regulatory mechanisms [13–14]. Most of the impulses reaching thalamus cause the response through hypothalamus. The intensive irritation of hypothalamic nuclei causes hormone excretion from the hypothysis posterior lobe and increase of catecholamine levels in blood. This may result in a heart rate increases [15–16].

The performed study demonstrated that with increasing severity of IDC post-trauma, patients experienced decreased heart rate and increased circadian index. With increasing degree of hypothermia, the progression of arrhythmias and electrical conduction of the heart were detected, from less dangerous (supraventricular pacemaker migration, supraventricular arrhythmias) to lethal (idioventricular rhythm, asystole). A significant reduction in a heart rate variability, the occurrence of ventricular late potentials, respiratory depression became more common in patients with IDC. Apparently, cardiac arrhythmias and breathing with the common cold injury have direct or indirect relationship, implemented in various reflex and regulatory levels. Emerging arrhythmias and electrical conduction of the heart in patients with hypothermia reflect the severity of diseases, and their progression is a marker of poor outcome. However, perhaps these alterations are determined not only by the degree of hypothermia, but also by a variety of other factors that are commonly found in these patients and include alcohol intoxication, traumatic brain injury, rewarming techniques, medication exposure, chronic heart disease.

At the same time, we must recognize the current lack of the required amount of information about drug correction of this condition. Changes in sensitivity of the receptor apparatus, properties of biological membranes, the activity of enzyme systems of the body determine the dubi-

нения чувствительности рецепторного аппарата, свойств биомембран, активности ферментных систем организма определяют сомнительность традиционной лекарственной терапии нарушений сердечной деятельности, выявленных у пациентов с критической гипотермией.

Как следствие, затрудняется применение адекватных подходов к устранению жизнеугрожающих нарушений, возникших у больных с тяжелой формой гипотермии.

Выявленные нарушения сердечной и дыхательной деятельности у пациентов с острой общей холодовой травмой прогрессируют по мере возрастания ее тяжести и в случае критической гипотермии могут привести к летальному исходу.

Выводы

1. У пациентов с легкой степенью тяжести острой общей холодовой травмы в гипотермическом и раннем постгипотермическом периодах регистрируется синусовая тахикардия до 102 [90; 122] ударов в минуту со снижением циркадного индекса до 105 [88; 125]%. У больных с тяжелой формой гипотермии отмечается синусовая брадикардия до 49 [38; 58] ударов в минуту с повышением циркадного индекса до 210 [185; 223]%.

2. По мере возрастания степени тяжести острой общей холодовой травмы, у пострадавших в гипотермическом и раннем постгипотермическом периодах регистрируются нарушения электрической проводимости сердца: удлинение скорректированного QT-интервала свыше 450 мс, возрастание процента времени альтернации волны — Т и QT-интервала ЭКГ. Выявляется прогрессирование нарушений ритма сердца от менее опасных до летальных.

3. По мере возрастания степени тяжести острой общей холодовой травмы, у пациентов в гипотермическом и раннем постгипотермическом периодах установлено снижение вариабельности сердечного ритма

ousness of traditional drug therapy of cardiac activity detected in patients with critical hypothermia.

As a result, the limitations occur in implementing adequate approaches to the elimination of life-threatening disorders that arose in patients with severe hypothermia.

The described disorders of the heart and respiratory activity in IDC patients are progressing with increasing of its severity, and in the case of critical hypothermia might lead to death.

Conclusion

1. In patients with mild IDC and alcohol intoxication during hypothermia in the early post-hypothermia periods the sinus tachycardia occurs (up to 102 [90; 122] beats per minute) accompanied by a reduction of circadian index to 105 [88; 125]%. In patients with severe hypothermia sinus bradycardia is defined (up to 49 [38; 58] beats per minute) that is accompanied by increasing the circadian index to 210 [185; 223]%.

2. With the increasing severity of ASH, patients affected in the hypothermia and early post-hypothermia periods the alterations of the electrical conductivity of the heart became evident and include the lengthening of a corrected QT-interval of more than 450 msec, increase in the percentage of time of a wave alteration — T- and QT-intervals on the ECG. The progression of cardiac arrhythmias in IDC patients from less hazardous to the death threatening revealed.

3. With the increasing severity of the IDC in patients in the hypothermia and early post-hypothermia periods a decrease in a heart rate variability (SDNN < 100 ms), an increases in both the incidence of ventricular late potentials (Tot QRS > 114 ms) and episodes of apnea / hypopnea became evident.

(SDNN < 100 мс), увеличение частоты возникновения поздних потенциалов желудочков (TotQRS > 114 мс) и эпизодов апноэ/гипопноэ.

Литература

1. Сизоненко В.А. Холодовая травма. Чита: Экспресс-издательство; 2010: 32–76.
2. Винник Ю.С., Салмина А.Б., Юрьева М.Ю., Теплякова О.В. Локальная холодовая травма: вопросы патогенеза, оценки тяжести и лечения (обзор литературы). *Московский хирургич. журн.* 2011; 1: 42–48.
3. Сизоненко В.А. Холодовая травма в Забайкалье: актуальные проблемы клинической и экспериментальной медицины. Чита: ИИЦ ЧГМА; 2013: 12–18.
4. Олейник Г.А. Патофизиология холодового шока. *Медицина неотложных состояний.* 2013; 8 (55): 16–21.
5. Абдуллаев Р.Я., Григорьева Т.Г., Олейник Г.Ф., Ефименко С.Г. Ультразвуковая диагностика состояния коротких трубчатых костей при локальной холодовой травме в определении тактики терапии. *Вестн. Харьковского Национального университета им. В.Н. Каразина. Серия: Медицина.* 2010; 20 (918): 13–16.
6. Потاپов А.Ф., Алексеев Р.З., Евграфов С.Ю. Эфферентная терапия в комплексном лечении холодовой травмы, осложненной синдромом полиорганной недостаточности. *Якутский мед. журн.* 2012; 2: 114–118.
7. Курбангалеев А.М., Попова О.В., Сорокина В.О. Угрожающие нарушения ритма сердца у больных с термической травмой. СПб: Медицина; 2011: 21–39.

References

1. Sizonenko V.A. Kholodovaya travma. [Cold injury]. Chita: Express Publishing; 2010: 32–76. [In Russ.]
2. Vinnik Yu.S., Salmina A.B., Yuryeva M.Yu., Teplyakova O.V. Lokalnaya kholodovaya travma: voprosy patogeneza, otsenki tyazhesti i lecheniya. [The local cold-trauma: the problems of pathogenesis, estimation of heaviness and treatment]. *Moskovsky Khirurgichesky Zhurnal.* 2011; 1: 42–48. [In Russ.]
3. Sizonenko V.A. Kholodovaya travma v Zabaikalye: aktualnye problemy klinicheskoi i eksperimentalnoi meditsiny. [Cold injury in Transbaikalia: actual problems of clinical and experimental medicine]. Chita: IITs ChGMA; 2013: 12–18. [In Russ.]
4. Oleinik G.A. Patofiziologiya kholodovogo shoka. [Pathophysiology of cold shock]. *Meditsina Neotlozhnykh Sostoyaniy.* 2013; 8 (55): 16–21. [In Russ.]
5. Abdullaev R.Ya., Grigoryeva T.G., Oleinik G.A., Yefimenko S.G. Ultrazvukovaya diagnostika sostoyaniya korotkikh trubchatykh kostei pri lokalnoi kholodovoi travme v opredelenii taktiki terapii. [Ultrasonic diagnostics of the condition of short tubular bones at local cold injury in finding the tactics of therapy]. *Vestnik Kharkovskogo Natsionalnogo Universiteta Imeni V.N. Karazina. Seriya: Meditsina.* 2010; 20 (918): 13–16. [In Russ.]
6. Potapov A.F., Alekseyev R.Z., Evgrafov S.Yu. Efferentnaya terapiya v kompleksnom lechenii kholodovoi travmy, oslozhnennoi sindromom

8. *Покровский В.М. (ред.)*. Сердечно-дыхательный синхронизм в оценке регуляторно-адаптивных возможностей организма. Краснодар: Кубань-Книга; 2010: 222–244.
 9. *Козинец Г.П., Олейник Г.Ф., Цыганков В.П.* Замерзание: патогенез, лечение. *Медицина неотложных состояний*. 2012; 5 (44): 24–28.
 10. *Тихоненко В.М.* Формирование клинического заключения по данным холтеровского мониторирования ИНКАРТ. СПб.: Медицина; 2010: 8–28.
 11. *Ряброва О.Ю.* Статистический анализ медицинских данных: применение пакета прикладных программ STATISTICA. М.: Медиа-Сфера; 2009: 280–312.
 12. *Востриков В.А., Горбунов Б.Б., Гусев А.Н.* Компьютерное моделирование воздействия первых фаз дефибрилляционных импульсов биполярной формы на мембрану кардиомиоцита. *Общая реаниматология*. 2014; 10 (1): 25–32. <http://dx.doi.org/10.15360/1813-9779-2014-1-25-32>
 13. *Ломиворотов В.В., Шмырев В.А., Ефремов С.М., Пономарев Д.Н., Мороз Г.Б., Шахин Д.Г., Корнилов И.А., Шилова А.Н., Ломиворотов В.В., Железнев С.И.* Нормотермический или гипотермический режимы искусственного кровообращения у пациентов с приобретенными пороками сердца. *Общая реаниматология*. 2013; 9 (4): 42–49. <http://dx.doi.org/10.15360/1813-9779-2013-4-42>
 14. *Востриков В.А., Разумов К.В.* Эффективность электрической кардиоверсии пароксизмальной фибрилляции предсердий при использовании биполярного квазисинусоидального импульса у больных ишемической болезнью сердца. *Общая реаниматология*. 2014; 10 (2): 41–49. <http://dx.doi.org/10.15360/1813-9779-2014-2-41-49>.
 15. *Филатов В.В., Долгих В.Т.* Особенности гемодинамики и свертывающей системы крови у больных, оперированных по поводу кровотечений язвенной болезни. *Общая реаниматология*. 2013; 9 (3): 30–34. <http://dx.doi.org/10.15360/1813-9779-2013-3-30>
 16. *Лычева Н.А., Киселев В.И., Шахматов И.И., Вдовин В.М.* Вклад стрессоров различной природы в формирование ответной гемостатической реакции организма при действии общей гипотермии. *Фундаментальные исследования*. 2014; 7: 106–110.
 17. *Гостищев В.К., Липатов К.В., Борodin А.В., Маракуца Е.В., Хо Б.О., Стан Е.А.* Лечебная тактика при отморожениях. *Хирургия. Журн. им. Н.И. Пирогова*. 2010; 6: 10–15. PMID: 20559217
 18. *Шаповалов К.Г., Сизоненко В.А., Ковалев В.В., Гордиенко С.П., Михайличенко А.В., Коннов В.А.* Интенсивная терапия местной холодовой травмы у детей. *Детская хирургия*. 2009; 1: 36–37.
 19. *Шаповалов К.Г., Сизоненко В.А.* Холодовая травма как причина стойкого изменения состояния микроциркуляторного русла. *Хирургия. Журн. им. Н.И. Пирогова*. 2009; 2: 28–31. PMID: 19365331
 20. *Tian Y.F., Cheng J.L., Guo S.Y., Tian Y.* Pathomechanisms on cold stress induced acute myocardial infarction. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi*. 2013; 41 (10): 890–892. PMID: 24377899
- Поступила 25.12.2014**
- poliorgannoi nedostatochnosti. [Efferent therapy in treatment of cold injury, complicated by multiple organ dysfunction syndrome]. *Yakutsky Meditsinsky Zhurnal*. 2012; 2: 114–118. [In Russ.]
 7. *Kurbangaleyev A.M., Popova O.V., Sorokin V.O.* Ugrozhayushchie narusheniya ritma serdtsa u bolnykh s termicheskoi travmoi. [Threatening cardiac arrhythmias in patients with thermal injury]. Sankt-Peterburg: Medicine Publishers; 2011: 21–39. [In Russ.]
 8. *Pokrovsky V.M. (red.)*. Serdechno-dykhatelnyy sinkhronizm v otsenke regul'yatorno-adaptivnykh vozmozhnostey organizma. [Cardiorespiratory synchronism in the assessment of the body's regulatory and adaptive capabilities]. Krasnodar: Kuban-Kniga; 2010: 222–244. [In Russ.]
 9. *Kozinets G.P., Oleinik G.A., Tsygankov V.P.* Zamerzanie: patogenez, lechenie. [Freezing: pathogenesis, treatment]. *Meditsina Neotlozhnykh Sostoyaniy*. 2012; 5 (44): 24–28. [In Russ.]
 10. *Tikhonenko V.M.* Formirovaniye klinicheskogo zaklyucheniya po dan-nyam kholterovskogo monitorirovaniya INKART. [Formation of clinical judgment according to Holter monitoring INKART]. Sankt-Peterburg: Medicine Publishers; 2010: 8–28. [In Russ.]
 11. *Rebrova O.Y.* Statistichesky analiz meditsinskikh dannykh: primeneniye paketa prikladnykh program STATISTICA. [Statistical analysis of medical data: application software package STATISTICA]. Moscow: MediaSfera; 2009: 280–312. [In Russ.]
 12. *Vostrikov V.A., Gorbunov B.B., Gusev A.N.* Kompyuternoe modelirovaniye vozdeistviya pervykh faz defibrillyatsionnykh impulsov bipolyarnoi formy na membranu kardiomyotsita. *Obshchaya Reanimatologiya*. [Computer simulation of cardiomyocyte membrane exposure to first-phase bipolar defibrillation impulses. *General Reanimatology*]. 2014; 10 (1): 25–32. <http://dx.doi.org/10.15360/1813-9779-2014-1-25-32>. [In Russ.]
 13. *Lomivorotov V.V., Shmyrev V.A., Efremov S.M., Ponomarev D.N., Moroz G.B., Shakhin D.G., Kornilov I.A., Shilova A.N., Lomivorotov V.V., Zheleznev S.I.* Normotermicheskiy ili gipotermicheskiy rezhimy iskusstvennogo krovoobrashcheniya u patientsov s priobretennymi porokami serdtsa. *Obshchaya Reanimatologiya*. [Normothermal or hypothermal extracorporeal circulation regimens in patients with acquired heart disease. *General Reanimatology*]. 2013; 9 (4): 42–49. <http://dx.doi.org/10.15360/1813-9779-2013-4-42>. [In Russ.]
 14. *Vostrikov V.A., Razumov K.V.* Effektivnost elektricheskoi kardioversii paroksizmalnoi fibrillyatsii predserdii pri ispolzovanii bipolyarnogo kvazisinusoidalnogo impulsa u bolnykh ishemicheskoi boleznью serdtsa. *Obshchaya Reanimatologiya*. [Efficiency of electrical cardioversion of paroxysmal atrial fibrillation in the use of bipolar quasi-sinusoidal impulse in patients with coronary heart disease. *General Reanimatology*]. 2014; 10 (2): 41–49. <http://dx.doi.org/10.15360/1813-9779-2014-2-41-49>. [In Russ.]
 15. *Filatov V.V., Dolgikh V.T.* Osobennosti gemodinamiki i svertyvayushchei sistemy krovi u bolnykh, operirovannykh po povodu krovotocheniy yazvennoi boleznii. *Obshchaya Reanimatologiya*. [Hemodynamics and blood coagulation system in patients operated following ulcer disease hemorrhagia. *General Reanimatology*]. 2013; 9 (3): 30–34. <http://dx.doi.org/10.15360/1813-9779-2013-3-30>. [In Russ.]
 16. *Lycheva N.A., Kiselev V.I., Shakhmatov I.I., Vdovin V.M.* Vklad stressorov razlichnoi prirody v formirovaniye otvetnoi gemostaticheskoi reaktcii organizma pri deistvii obshchei gipotermii. [Contribution stressors of different nature in the formation of a hemostatic response reaction of the organism under the influence of general hypothermia]. *Fundamentalnye Issledovaniya*. 2014; 7: 106–110. [In Russ.]
 17. *Gostishchev V.K., Lipatov K.V., Borodin A.V., Maracutsa E.V., Kho B.O., Stan E.A.* Lechebnaya taktika pri otmorozheniyakh. [Therapeutic tactics in frostbite]. *Khirurgiya. Zhurnal Imeni N.I.Pirogova*. 2010; 6: 10–15. PMID: 20559217
 18. *Shapovalov K.G., Sizonenko V.A., Kovalev V.V., Gordienko S.P., Mihailichenko A.V., Konnov V.A.* Intensivnaya terapiya mestnoi kholodovoi travmy u detei. [Intensive care of the local cold injury in children]. *Detskaya Khirurgiya*. 2009; 1: 36–37. [In Russ.]
 19. *Shapovalov K.G., Sizonenko V.A.* Kholodovaya travma kak prichina stoikogo izmeneniya sostoyaniya mikrotsirkulyatornogo rusla. [Cold injury as a cause of persistent state changes microvasculature]. *Khirurgiya. Zhurnal Imeni N.I.Pirogova*. 2009; 2: 28–31. PMID: 19365331
 20. *Tian Y.F., Cheng J.L., Guo S.Y., Tian Y.* Pathomechanisms on cold stress-induced acute myocardial infarction. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi*. 2013; 41 (10): 890–892. PMID: 24377899
- Submitted 25.12.2014**