

НЕОТЛОЖНАЯ ХИРУРГИЯ

DOI: 10.17238/issn2072-3180.2021.1.39-46

УДК 616.06

© Пугачев М.И., Крайнюков П.Е., Крылов К.М., Тагиров Р.Т., 2021

НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ТЯЖЕСТИ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛОЙ ОЖОГОВОЙ ТРАВМОЙ

М.И. ПУГАЧЕВ¹, П.Е. КРАЙНЮКОВ², К.М. КРЫЛОВ³, Р.Т. ТАГИРОВ⁴

¹Первая клиника терапии (усовершенствования врачей) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова», 194044, Санкт-Петербург, Россия.

²ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь имени П.В. Мандрыка», 107014, Москва, Россия.

³ГБУ «Санкт-Петербургский Научно-исследовательский институт скорой помощи имени И.И. Джанелидзе», 192242, Санкт-Петербург, Россия.

⁴Отдел (Военно-врачебной экспертизы, г. Санкт-Петербург) филиала №1 ФГКУ «Главный центр военно-врачебной экспертизы», 191015, Санкт-Петербург, Россия.

Резюме

Введение. Целью данной работы было усовершенствование способа оценки тяжести состояния и вероятности летального исхода у пациентов с ожоговой болезнью на основе изучения спектральных показателей variability сердечного ритма, их зависимости от тяжести ожогов и корреляционных связей с исходом ожоговой болезни.

Материалы и методы. Обследовано 84 пациента (57 мужчин и 27 женщин) в возрасте 21–65 лет (средний 44,2±2,8). Критериями включения в исследование явились: наличие поверхностных ожогов более 15% или глубоких более 10% площади тела, либо сочетание глубоких и поверхностных ожогов при общей площади более 15% площади тела.

Результаты. В исследовании выявлено, что при ожоговой травме наблюдается угнетение волновой структуры сердечного ритма и показателей общей мощности спектра, которые регистрируются уже в первые часы после ожога. Степень угнетения спектральных показателей variability сердечного ритма зависела от тяжести ожога. Выявлена корреляция между индексом тяжести состояния и значениями мощности спектра в низко- и высокочастотном диапазонах и общей мощностью спектра variability сердечного ритма.

Заключение. Variability сердечного ритма имеет прогностическую ценность, так как выявлена корреляционная связь между неблагоприятным исходом и показателями variability сердечного ритма, зарегистрированными при поступлении в стационар. Разработана математическая модель оценки тяжести состояния обожженных и вероятности летального исхода.

Ключевые слова: ожоги, тяжесть состояния, вероятность летального исхода, variability сердечного ритма, прогноз.

A NEW APPROACH TO ASSESSMENT SEVERITY PATIENTS WITH SEVERE BURN INJURY

M.I. PUGACHEV¹, P.E. KRAJNJUKOV², K.M. KRYLOV³, R.T. TAGIROV⁴

¹The first therapy clinic (advanced doctors training) Federal State «S.M. Kirov's Military medical academy», 194044, Russia.

²Federal State «P.V. Mandryka's Central military clinical hospital», 107014, Russia.

³Federal State «Saint-Petersburg I.I. Dzhanelidze research institute of emergency medicine», 192242, Russia.

⁴Department (Military-medical expertise, St. Petersburg) Branch №1 of the Federal State «Main center for military-medical expertise», 191015, Russia.

Summary

Introduction. The aim of this work was to improve the method for assessing the severity condition and the probability of death in patients with burn disease based on the study of spectral parameters heart rate variability, their dependence on the severity burns and correlations with the outcome burn disease.

Materials and methods: 84 patients (57 men and 27 women) aged 21–65 years (mean 44.2±2.8) were examined. The inclusion criteria for the study were: the presence of superficial burns of more than 15% or deep burns of more than 10% of the body area, or a combination of deep and superficial burns with a total area of more than 15% of the body area.

Results: The study revealed that in case of a burn injury, there is a suppression of the wave structure of the heart rate and indicators of the total power of the spectrum, which are recorded already in the first hours after the burn. The degree of suppression of spectral indicators of heart rate variability depended on the severity of the burn. A correlation was revealed between the severity index and the values of the spectrum power in the low and high frequency ranges and the total power of the heart rate variability spectrum.

Conclusion: Heart rate variability has a prognostic value, since a correlation was found between an unfavorable outcome and indicators of heart rate variability recorded upon admission to the hospital. A mathematical model has been developed for assessing the severity of the burned person's condition and the likelihood of death.

Key words: burns, severity of the condition, probability death, heart rate variability, prognosis.

Введение

Ожоговая болезнь является одной из важных проблем здравоохранения. По данным ВОЗ, ежегодно от ожоговой травмы умирают более 265 тыс. человек [2]. Несмотря на то, что накоплен значительный опыт в изучении патогенеза заболевания, оценки тяжести состояния ожоговых больных, отдельные вопросы остаются недостаточно изученными. Так, сравнительно немногочисленны и достаточно противоречивы данные о состоянии регуляторных систем организма [1, 5, 9]. Актуальным остается поиск дополнительных критериев оценки тяжести состояния и прогноза летального исхода у обожженных [14].

Цель исследования

Усовершенствовать способ оценки тяжести состояния и вероятности летального исхода у пациентов с ожоговой болезнью на основе изучения спектральных показателей вариабельности сердечного ритма, их зависимости от тяжести ожогов и корреляционных связей с исходом ожоговой болезни.

Материал и методы

Обследовано 84 пациента (57 мужчин и 27 женщин) в возрасте от 21 до 65 лет (средний — $44,2 \pm 2,8$), поступивших в клинику термических поражений Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова и в отделение реанимации и интенсивной терапии ожогового центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института скорой помощи им. И.И. Джанелидзе в период с 2012 по 2019 год.

Критериями включения в исследование явились: наличие поверхностных ожогов более 15% или глубоких более 10% площади тела, либо сочетание глубоких и поверхностных ожогов при общей площади более 15% площади тела. Тяжесть ожоговой травмы определялась по индексу тяжести состояния (ИТС), который включает в себя оценку площади глубокого или поверхностного ожога, возраст, степень ингаляционной травмы и вычисляется по координатным сеткам [3]. Значения ИТС варьировали от 0,02 до 1 ед. При значении ИТС = 1 ед. состояние пациента оценивается как критическое, ориентировочная вероятность летального исхода пациента равна 100%, т.е. ИТС соответствует вероятности летального исхода пациента. Пациенты исключались из исследования при наличии значимой сопутствующей патологии — врожденных генетических заболеваний с эндокринными нарушениями, болезней сердечно-сосудистой системы (перенесенный ин-

фаркт миокарда, нарушение ритма и проводимости сердца), эндокринной системы, почек (тяжелая почечная недостаточность). Общая характеристика больных приведена в таблице 1.

Таблица 1

Общая характеристика больных

Показатель	Значение
Количество обследованных больных	84
Возраст, лет	$44,2 \pm 2,8$
Пол (мужчины/женщины)	57/27
Общая площадь ожога, %	$39,4 \pm 5,2$
Площадь глубоких ожогов, %	$17,4 \pm 3,7$
Индекс тяжести состояния, ед.	$0,58 \pm 0,04$
Количество больных с шоком I–II степени	29
Количество больных с шоком III степени	28
Количество больных с сепсисом	12
Количество больных с респираторной поддержкой	51
Количество больных с ингаляционной травмой II–III степени	28
Количество летальных исходов	25

На пострадавших, соответствовавших критериям включения, заводилась формализованная карта обследуемого, где фиксировались паспортные данные больного, диагноз при поступлении, окончательный диагноз, исход, длительность дожития или время пребывания в стационаре, время получения травмы, время поступления в стационар, ИТС, степень ингаляционной травмы по данным фибробронхоскопии, данные электрокардиографии, артериальное давление по Короткову. При этом качественные показатели в формализованных картах шифровались полуколичественно, в соответствии со степенью выраженности признака. Например, такой важный признак, как исход пациента, шифровался следующим образом: «1» — неблагоприятный исход, «0» — благоприятный исход.

Площадь ожоговых ран определяли с помощью правил «девятки» и «ладоней». Глубину ожоговых ран оценивали по изменениям болевой, тактильной чувствительности, сосудистой реакции. Для определения глубины поражения использовали классификацию, принятую на 27 съезде хирургов (1960).

В первые 12 ч после получения травмы, а также на 6-е и 14-е сутки проводили регистрацию спектральных показателей вариабельности сердечного ритма с помощью аппарата «САКР» (спироартериокардиоритмограф) производства ООО «ИНТОКС» (Санкт-Петербург). Вычислялись общая мощность спектра (TP, mc^2), мощность спектра в высокочастотном диа-

пазоне (HF, мс²), низкочастотном диапазоне (LF, мс²) и очень низкочастотном диапазоне (VLF, мс²) [10].

Обработку полученных данных проводили с помощью прикладных программ Microsoft Excel, Statistica for Windows 10.0 и SPSS Statistics 17.0. На основе формализованных карт обследования формировались сводные таблицы в программе Microsoft Excel. Для исследования корреляционных связей между показателями применялся ранговый тест Спирмена, вычисляли коэффициенты корреляций (r) и уровень значимости (p), в таблицы включали коэффициенты корреляции только с уровнем значимости $p < 0,05$. При исследовании различий между группами использовался U-критерий Манна-Уитни, при этом различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Прогностическую оценку показателей проводили при помощи ROC-анализа и вычисляли чувствительность и специфичность для исследуемых показателей. Для оценки вероятности летального исхода пациентов с ожоговой травмой использовали метод бинарной логистической регрессии. Вероятность летального исхода пациента с ожоговой травмой вычислялась по формуле [4]:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

где: P — вероятность летального исхода пациента; e — основание натурального логарифма, z — логит.

Для нахождения логита решалось уравнение регрессии по формуле:

$$Z = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_x X_n,$$

где: b_0 — константа; b_1, b_2, b_x — коэффициент регрессии, X_1, X_2, X_n — значение независимых переменных.

Результаты исследования

Коэффициенты корреляции между клиническими признаками и показателями общей мощности спектра variability сердечного ритма у обожженных представлены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 следует, что на момент поступления в стационар выявлены отрицательные корреляционные связи средней силы между показателями общей мощности спектра variability сердечного ритма (TP) и ИТС обожженных, степенью ожогового шока, выполнением ИВЛ, степенью ингаляционной травмы, возникновением сепсиса, а также неблагоприятным исходом пациента ($p < 0,05$).

На 6-е сутки пребывания в стационаре показатели TP отрицательно коррелировали только со степенью шока и ИВЛ при поступлении. К 14-м суткам пребывания в стационаре практически все корреляции с клиническими признаками ожоговой болезни исчезали, но при этом сохранялась обратная корреляционная связь средней силы с ИТС ($p < 0,05$).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между клиническими признаками и показателями общей мощности спектра variability сердечного ритма у обожженных в различные сроки лечения

Показатель	Значения TP		
	Первые 12 ч	6-е сутки	14-е сутки
ИТС	-0,558	-	-0,590
Степень шока	-0,667	-0,462	-
ИВЛ при поступлении	-0,675	-0,474	-
Степень ингаляционной травмы	-0,646	-	-
Сепсис	-0,424	-	-
Неблагоприятный исход	-0,561	-	-

Примечания: в таблице представлены только значимые коэффициенты корреляции, $p < 0,05$; пропусками (-) обозначены незначимые коэффициенты с уровнем $p > 0,05$.

Значения мощности спектра variability сердечного ритма в низкочастотном диапазоне на момент поступления в стационар также продемонстрировали статистически значимые отрицательные связи средней силы с ИТС, искусственной вентиляцией легких, выполняемой при поступлении, степенью ингаляционной травмы, возникновением сепсиса и летальным исходом пациента (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между клиническими признаками и показателями мощности спектра variability сердечного ритма в низкочастотном диапазоне у обожженных в различные сроки лечения

Показатель	Значения LF		
	Первые 12 ч	6-е сутки	14-е сутки
ИТС	-0,633	-0,415	-0,575
Степень шока	-0,730	-0,551	-
ИВЛ при поступлении	-0,643	-0,572	-
Степень ингаляционной травмы	-0,628	-0,391	-
Сепсис	-0,482	-0,330	-
Неблагоприятный исход	-0,669	-	-

Примечание. Уровень значимости коэффициентов корреляции $p < 0,05$.

При этом между показателями LF в первые 12 ч и степенью ожогового шока выявлялась сильная корреляционная связь ($p < 0,05, r = 0,73$). На 6-е сутки лечения корреляционные связи практически повторяли те, что были выявлены с показателя-

ми в первые 12 ч после ожога, за исключением корреляции с неблагоприятным исходом пациента, которая с показателями LF на 6-е сутки не проявлялась.

Показатели LF на 14-е сутки пребывания пациентов в стационаре были отрицательно связаны лишь с ИТС обожженных ($p < 0,05$).

На момент поступления в стационар значения мощности спектра variability сердечного ритма в высокочастотном диапазоне (HF) имели отрицательные корреляционные связи средней силы с показателями ИТС, степенью ожогового шока, выполнением искусственной вентиляции легких при поступлении, степенью ингаляционной травмы, возникновением сепсиса и неблагоприятным исходом ($p < 0,05$) (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между клиническими признаками и показателями мощности спектра variability сердечного ритма в высокочастотном диапазоне у обожженных в различные сроки лечения

Показатель	Значения HF		
	Первые 12 ч	6-е сутки	14-е сутки
ИТС	-0,444	-	-0,503
Степень шока	-0,589	-0,402	-0,466
ИВЛ при поступлении	-0,643	-0,450	-
Степень ИТ	-0,574	-	-
Сепсис	-0,319	-	-
Неблагоприятный исход	-0,453	-	-

Примечания: в таблице представлены только значимые коэффициенты корреляции, $p < 0,05$; пропусками (-) обозначены незначимые коэффициенты с уровнем $p > 0,05$.

К 6-м суткам лечения пациентов значения HF оказались связанными только со степенью ожогового шока и выполнением искусственной вентиляции легких при поступлении ($p < 0,05$). Показатели HF, измеренные на 1-е сутки, отрицательно коррелировали с ИТС пациента и степенью ожогового шока ($p < 0,05$).

Значения мощности спектра variability сердечного ритма в очень низкочастотном диапазоне, которые были измерены в первые 12 ч и на 6-е сутки после ожога коррелировали с ИТС, степенью ожогового шока, выполнением ИВЛ при поступлении, степенью ингаляционной травмы, возникновением сепсиса и неблагоприятным исходом пациента (табл. 5).

При этом необходимо отметить, что наиболее сильная корреляционная связь летального исхода у пациента была с показателями VLF, измеренными в первые 12 ч после ожога ($p < 0,05$; $r = -0,59$). На 14-е сутки лечения отрицательная корреляционная связь проявилась только между значениями мощности спектра variability сердечного ритма в очень низкочастотном диапазоне и ИТС обожженного ($p < 0,05$).

Таблица 5

Коэффициенты корреляции между клиническими признаками и показателями мощности спектра variability сердечного ритма в очень низкочастотном диапазоне у обожженных в различные сроки лечения

Показатель	Значения VLF		
	Первые 12 ч	6-е сутки	14-е сутки
ИТС	-0,622	-0,446	-0,597
Степень шока	-0,649	-0,524	-
ИВЛ при поступлении	-0,627	-0,594	-
Степень ИТ	-0,546	-0,374	-
Неблагоприятный исход	-0,590	-0,340	-

Примечания: в таблице представлены только значимые коэффициенты корреляции, $p < 0,05$; пропусками (-) обозначены незначимые коэффициенты с уровнем $p > 0,05$.

Нами получены данные о достоверных корреляциях между спектральными показателями variability сердечного ритма в первые 12 ч после ожога и неблагоприятным исходом ожоговой травмы у пациента. При этом корреляционные связи показывают, что чем ниже мощности спектров TP, HF, LF, VLF в первые 12 ч, тем тяжелее состояние пациента и выше вероятность летального исхода у обожженного (табл. 6). Кроме того, прогностическая ценность спектральных показателей variability сердечного ритма подтверждалась и ранее у больных с хроническими сердечно-сосудистыми заболеваниями [7], но при этом физиологическое значение указанных параметров все еще остается не до конца изученным [6, 8, 11].

Таблица 6

Коэффициенты корреляции между клиническими признаками ожоговой болезни и спектральными показателями variability сердечного ритма

Показатель	TP	LF	HF	VLF
ИТС	-0,558*	-0,633*	-0,444*	-0,619*
Неблагоприятный исход	-0,561*	-0,669*	-0,453*	-0,590*

Примечание. *Уровень статистической значимости $p < 0,05$.

Для исследования прогностической ценности показателей спектрального анализа variability сердечного ритма, измеренных в первые 12 ч после ожога, по отношению к неблагоприятному исходу пациентов был проведен ROC-анализ (receiver operating characteristic). В анализ включались только показатели TP, LF, VLF, т.к. коэффициенты корреляции с исходом пациента для них были наиболее высокими (табл. 6).

Итоговые данные ROC-анализа представлены в таблице 7. ROC-кривые для показателей TP, LF, VLF представлены соответственно на рисунках 1, 2, 3. Качество распознавания модели определялось по площади под характеристической кривой: при значениях от 0,8 до 0,9 качество модели считается как «очень хорошее» [4]. Для всех 3 показателей спектрального анализа BCP (TP, LF, VLF) площадь под характеристической кривой была больше 0,8, что говорит о высоком качестве математической модели (табл. 7).

Таблица 7

Итоговые данные ROC-анализа

Показатель	Чувствительность, %	Специфичность, %	Площадь под кривой, у.е.	Точка отсечения, мс ²
TP, мс ²	96,1	79,7	0,93	210,15
LF, мс ²	84,2	83,7	0,91	15,9
VLF, мс ²	96	76,3	0,882	146,6

По отношению к неблагоприятному исходу общая мощность спектра variability сердечного ритма при точке отсечения 210,15 мс² имела чувствительность 96,1%, а специфичность — 79,7%.

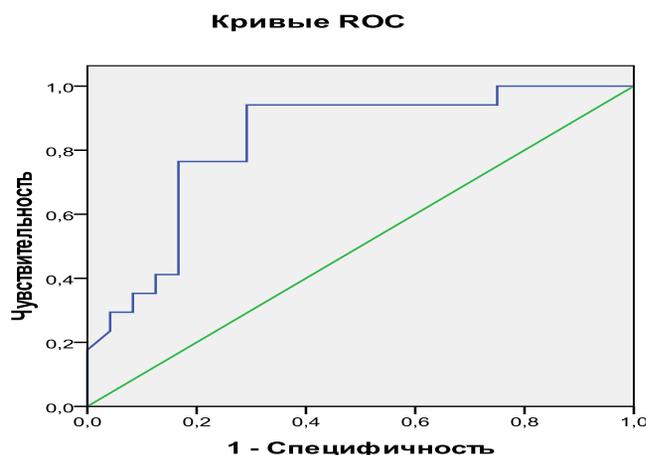


Рис. 1. ROC-кривая для показателей общей мощности спектра variability сердечного ритма (TP)

Определение неблагоприятного исхода на основании показателя мощности спектра variability сердечного ритма в низкочастотном диапазоне (LF), измеренного при поступлении пациента с ожогами в стационар, возможно с чувствительностью

84,2% и специфичностью 83,7% при точке отсечения 15,9 мс². Для показателей мощности спектра variability сердечного ритма в очень низкочастотном диапазоне (VLF) чувствительность определения летального исхода пациента при точке отсечения 146,6 мс² была 96%, а специфичность — 76,3%.

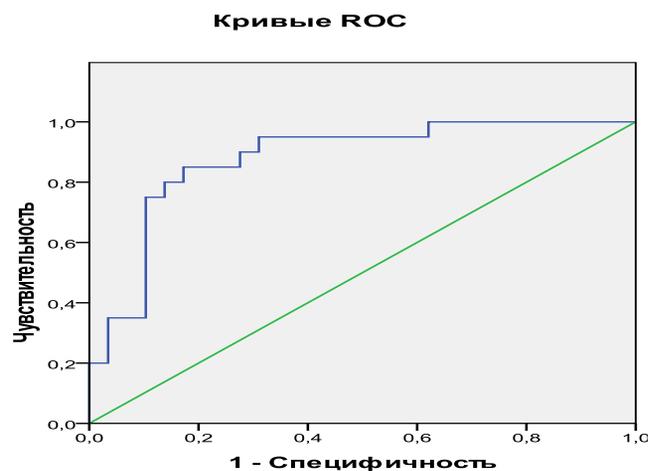


Рис. 2. ROC-кривая для показателей мощности спектра variability сердечного ритма в низкочастотном диапазоне (LF)

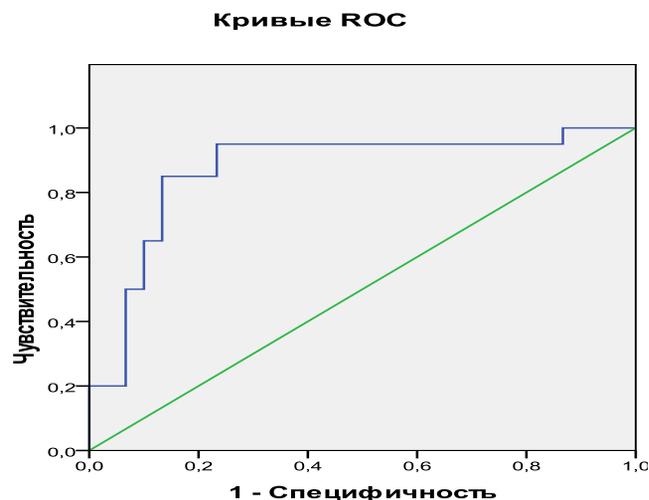


Рис. 3. ROC-кривая для показателей мощности спектра variability сердечного ритма в очень низкочастотном диапазоне (VLF)

Основываясь на приведенных выше результатах ROC-анализа, можно говорить о том, что показатели спектрального анализа variability сердечного ритма могут быть использованы с довольно высокой точностью для прогноза летального исхода у пострадавших с ожогами и, следовательно, для оценки тяжести таких пациентов.

Для оценки вероятности летального исхода каждого пациента с ожогами на основании показателей спектрального анализа variability сердечного ритма, которые были получены при поступлении пациента в стационар, использовался метод бинарной логистической регрессии. С этой целью проводился пошаговый регрессионный анализ с принудительным включением показателей TP, HF, LF, VLF и индекса тяжести состояния со значениями исхода у пациента. Результатом этого стал выбор той модели, которая обладала наиболее высокой чувствительностью, специфичностью, прогностической ценностью отрицательного и положительного результатов теста. Далее, после проведения анализа, получено уравнение регрессии, представляющее собой формулу для вычисления *вероятности летального исхода* (ВЛИ):

$$\text{ВЛИ} = 1 / [1 + 2,72^{-(0,72 - 3,16 \times \text{ИТС} - 0,005 \times \text{TP} + 0,026 \times \text{VLF} + 0,009 \times \text{LF})}],$$

где: ИТС — индекс тяжести состояния; TP — общая мощность спектра variability сердечного ритма; VLF — мощность спектра variability сердечного ритма в очень низкочастотном диапазоне; LF — мощность спектра variability сердечного ритма в низкочастотном диапазоне.

Обсуждение результатов

Таким образом, с помощью метода бинарной логистической регрессии получена математическая модель для оценки

вероятности летального исхода пациента, а, следовательно, и тяжести его состояния на основе данных, которые можно легко получить при поступлении пациента в стационар. Опубликованные ранее результаты исследований [12], в данной статье были уточнены увеличением выборки до 84 пациентов, что позволило подтвердить описанную ранее математическую модель, обновить показатели чувствительности и специфичности. Кроме того, достоверность построения математических моделей оценки вероятности летального исхода, а соответственно и определения тяжести состояния, подтверждается на пациентах с травматической болезнью [13], так как при более глубоком рассмотрении степень тяжести состояния тождественна вероятности летального исхода [14]. Предложенная нами модель имеет чувствительность 85%, специфичность — 92,3%, прогностическую ценность отрицательного результата теста — 89,2%, прогностическую ценность положительного результата теста — 89,3%, что позволяет судить о достаточной достоверности модели. Полученная математическая модель для определения вероятности летального исхода пациентов с ожоговой болезнью довольно проста в применении, данные, необходимые для расчета, легко могут быть получены в течение 10 минут после поступления пациента в стационар. Необходимо отметить, что в предложенной модели, среди других показателей, применяется значение индекса тяжести состояния, расчет которого проводится по координатным сеткам, предложенным А.В. Матвеевко [3] (табл. 8, 9).

Таблица 8

Координатная сетка для расчета ИТС с учетом возраста и общей площади ожога

ОПО, %	Возраст, лет														
	10–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49	50–54	55–59	60–64	65–69	70–74	75–79	80–84	85–89	
83–87	0,95	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
78–82	0,9	0,95	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
73–77	0,8	0,9	0,95	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
68–72	0,7	0,8	0,9	0,95	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
63–67	0,6	0,7	0,9	0,9	0,95	0,95	1	1	1	1	1	1	1	1	
58–62	0,5	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9	0,98	1	1	1	1	1	1	1	
53–57	0,4	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,95	0,95	1	1	1	1	1	1	
48–52	0,3	0,4	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,95	0,95	1	1	1	1	
43–47	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	0,9	0,9	0,95	1	1	1	
38–42	0,2	0,2	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7	0,9	0,8	0,9	1	1	1	
33–37	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	0,7	0,8	0,98	1	1	
28–32	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,95	0,95	1	
23–27	0	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,9	0,9	0,95	
18–22	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	
13–17	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	0,8	
8–12	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	
3–7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	
0–2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	

Таблица 9

Координатная сетка для расчета ИТС с учетом возраста и площади глубокого ожога

ПГО, %	Возраст, лет												
	15–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49	50–54	55–59	60–64	65–69	70–74	75–79	>80
>56	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
51–55	0,98	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
46–50	0,95	0,98	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
43–45	0,92	0,95	0,98	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
40–42	0,9	0,9	0,95	0,98	1	1	1	1	1	1	1	1	1
37–39	0,8	0,8	0,9	0,95	0,98	1	1	1	1	1	1	1	1
34–36	0,7	0,7	0,85	0,9	0,95	0,95	1	1	1	1	1	1	1
31–33	0,6	0,65	0,8	0,8	0,9	0,9	0,95	1	1	1	1	1	1
28–30	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,95	1	1	1	1	1
25–27	0,4	0,5	0,6	0,6	0,65	0,65	0,8	0,92	0,95	1	1	1	1
22–24	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,9	0,9	0,95	1	1	1
19–21	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,92	0,95	1	1
16–18	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3	0,35	0,5	0,65	0,7	0,9	0,92	0,95	1
13–15	0,1	0,15	0,15	0,15	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	0,92	0,95
10–12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,3	0,35	0,5	0,65	0,8	0,9	0,92
7–9	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1	0,2	0,25	0,35	0,45	0,6	0,8	0,9
4–6	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,07	0,1	0,15	0,15	0,2	0,4	0,6	0,7
0,1–3	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3

Выводы

1. Оценка площади и глубины ожога в ряде случаев представляет определенные сложности. К примеру, расчет площади ожога всегда зависит от опыта врача и нередко варьирует при оценке разными специалистами. В свою очередь, глубину ожога и, соответственно, ее площадь на момент поступления пациента в стационар почти всегда удается определить лишь приблизительно, т.к. глубокий ожог может проявиться в полной мере только по истечении нескольких суток.

2. В связи с этим, использование в предлагаемой математической модели показателей variability сердечного ритма как индикатора состояния регуляторных систем позволяет улучшить точность прогноза и оценку вероятности летального исхода за счет нивелирования ошибок, связанных с субъективной оценкой данных.

Список литературы

1. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. *Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе*. М.: Наука, 1984. 52 с.
 2. *Ожоги*. Информационный бюллетень. Всемирная организация здравоохранения. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/burns> (дата обращения: 06.03.2018).
 3. Матвеев А.В., Чмырев А.В., Петрачков С.А. Определение тяжести состояния обожженных с помощью координатных сеток вероятности летального исхода. *Скор. мед. пом.*, 2013. № 1. С. 34–43.

4. Трухачева Н.В. *Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica*. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 377 с.

5. Щербук Ю.А., Багненко С.Ф., Джурко Б.И. *Патогенез и лечение шока различной этиологии: Рук-во для врачей*. СПб: Стікс, 2010. 380 с.

6. Bernardi L., Ricordi L., Lazzari P. Impaired circulation modulation of sympathovagal modulation of sympathovagal activity in diabetes. *Circulation*, 1992, Vol. 86, No. 5, pp. 1443–1452.

7. Dekker J.M., Schouten E.G., Klootwijk P. Heart rate variability from short electrocardiographic recordings predicts mortality from all causes in middle-aged and elderly men. The Zutphen Study. *Am. J. Epidemiol.*, 1997, Vol. 145, No. 10, pp. 899–908.

8. Goldstein D.S., Benthо O., Park M.Y. Low-frequency power of heart rate variability is not a measure of cardiac sympathetic tone but may be a measure of modulation of cardiac autonomic outflows by baroreflexes. *Exp. Physiol.*, 2011, Vol. 96, No. 12, pp. 1255–1261.

9. Jeschke M.G., Mlcak R.P., Finnerty C.C. Burn size determines the inflammatory and hypermetabolic response. 2007. Vol. 11, No. 4, pp. 90.

10. Malik M., Bigger J.T. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Eur. Heart J.*, 1996, Vol. 17, No. 3, pp. 354–381.

11. Rahman F., Pechnik S., Gross D. Low frequency power reflects baroreflex function, not cardiac sympathetic innervations. *Clin. Auton. Res.*, 2011, Vol. 21, No. 6, pp. 133–141.

12. Пугачев М.И., Ливарский А.П. Вариабельность сердечного ритма как индикатор состояния пациентов с тяжелой ожоговой травмой. *Военно-медицинский журнал*, 2017. № 8. С. 24–33.

13. Сахин В.Т. *Состояние сердечно-сосудистой системы и некоторых факторов нейрогуморальной регуляции у больных травматической болезнью*. Дис. ... канд. мед. наук. СПб, 2015. 136 с.

14. Матвеев А.В., Чмырёв И.В., Скворцов Ю.Р. О критериях тяжести ожоговой травмы. *Военно-медицинский журнал*, 2018. № 3. С. 21–26.

References

1. Baevsky R.M., Kirillov O.I., Kletskin S.Z. *Matematicheskij analiz izmenenij serdechnogo ritma pri stresse [Mathematical analysis of changes in heart rate during stress]*. Moscow: Nauka, 1984, 52 p. (In Russ.)

2. Ozhogi. *Informacionnyj byulleten'. Vsemirnaya organizaciya zdorovohraneniya [Burns. Newsletter. World Health Organization]*. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/burns> (date accessed: 06.03.2018).

3. Matveenko A.V., Chmyrev A.V., Petrachkov S.A. Opredelenie tyazhesti sostoyaniya obozhzhennykh s pomoshch'yu koordinatnykh setok veroyatnosti letalnogo iskhoda [Determination of the severity of the condition of those who have been burned with the help of grids of the probability of a lethal outcome]. *Speed honey. pom.*, 2013, 1, pp. 34–43. (In Russ.)

4. Trukhacheva N.V. *Matematicheskaya statistika v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh s primeneniem paketa Statistica [Mathematical statistics in biomedical research using the Statistica package]*. M: GEOTAR-Media, 2012. 377 p. (In Russ.)

5. Shcherbuk Yu.A., Bagnenko S.F., Dzhurko B.I. *Patogenez i lechenie shoka razlichnoj etiologii: Ruk-vo dlya vrachej [Pathogenesis and treatment of shock of various etiology: A guide for physicians]*. SPb: Styx, 2010. 380 p. (In Russ.)

7. Dekker J.M., Schouten E.G., Klootwijk P. Heart rate variability from short electrocardiographic recordings predicts mortality from all causes in middle-aged and elderly men. The Zutphen Study. *Am. J. Epidemiol.*, 1997, 145, 10, pp. 899–908.

8. Goldstein D.S., Benth O., Park M.Y. Low-frequency power of heart rate variability is not a measure of cardiac sympathetic tone but may be a measure of modulation of cardiac autonomic outflows by baroreflexes. *Exp. Physiol.*, 2011, 96, 12, pp. 1255–1261.

9. Jeschke M.G., Mlcak R.P., Finnerty C.C. Burn size determines the inflammatory and hypermetabolic response. 2007. 11, 4, pp. 90.

10. Malik M., Bigger J.T. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Eur. Heart J.*, 1996, 17, 3, pp. 354–381.

11. Rahman F., Pechnik S., Gross D. Low frequency power reflects baroreflex function, not cardiac sympathetic innervations. *Clin. Auton. Res.*, 2011, 21, 6, pp. 133–141.

12. Pugachev M.I., Livarsky A.P. Variabel'nost' serdechnogo ritma kak indikator sostoyaniya pacientov s tyazhelej ozhogovoj travmoy [Heart rate

variability as an indicator of the state of patients with severe burn injury]. *Military Medical Journal*, 2017, No. 8, pp. 24–33. (In Russ.)

13. Sakhin V.T. *Sostoyanie serdechno-sosudistoj sistemy i nekotorykh faktorov nejrogumoral'noj regulyacii u bol'nykh travmaticheskoj bolezniyu [The state of the cardiovascular system and some factors of neurohumoral regulation in patients with traumatic disease]*. SPb, 2015, 136 p. (In Russ.)

14. Matveenko A.V., Chmyrev I.V., Skvortsov Yu.R. O kriteriyah tyazhesti ozhogovoj travmy. [On the criteria for the severity of burn injury]. *Military Medical Journal*, 2018, No. 3. pp. 21–26. (In Russ.)

Сведения об авторах

Пугачев Максим Игоревич — кандидат медицинских наук, майор медицинской службы, старший ординатор 1 клиники терапии (усовершенствования врачей) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова», ул. Академика Лебедева, д. 6, г. Санкт-Петербург, 194044, Россия, e-mail: kenig.max@mail.ru

Крайнюков Павел Евгеньевич — доктор медицинских наук, доцент, генерал-майор медицинской службы, начальник ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь имени П.В. Мандрыка», ул. Большая Оленья, владение 8А, г. Москва, 107014, Россия, e-mail: cvkg_man@mil.ru

Крылов Константин Михайлович — доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела термических поражений ГБУ «Санкт-Петербургский Научно-исследовательский институт скорой помощи имени И.И. Джанелидзе», ул. Будапештская, д. 3, г. Санкт-Петербург, 192242, Россия, e-mail: clinic-plastic@mail.ru

Тагиров Руслан Тагирович — подполковник медицинской службы в отставке, врач-эксперт отдела (Военно-врачебной экспертизы, г. Санкт-Петербург) филиала №1 ФГКУ «Главный центр военно-врачебной экспертизы», Суворовский пр-т, д. 63, г. Санкт-Петербург, 191015, Россия, e-mail: tagirov.ruslan.t@gmail.com

Authors

Pugachev Maxim Igorevich — PhD in medicine, major of the medical service, Senior Resident of the 1st therapy clinic (advanced doctors training) of the Federal State «Military Medical Academy named after S.M. Kirov», st. Academician Lebedev, 6, St. Petersburg, 194044, Russia, e-mail: kenig.max@mail.ru

Krajnjukov Pavel Evgenievich — doctor of medicine, associate professor, general of the medical service, Head of the Federal State Central «Military Clinical Hospital named after P.V. Mandryka», st. Bolshaya Olenya, possession 8A, Moscow, 107014, Russia, e-mail: cvkg_man@mil.ru

Krylov Konstantin Mikhailovich — doctor of medicine, professor, Head of the Department of «Thermal Injuries, St. Petersburg I.I. Janelidze», st. Budapestskaya, 3, St. Petersburg, 192242, Russia, e-mail: clinic-plastic@mail.ru

Tagirov Ruslan Tagirovich — doctor-expert of the Department (Military-medical expertise, St. Petersburg) Branch №1 of the Federal State «Main center for military-medical expertise», 191015, Russia, Suworovskiy prospect, 63, g. St. Petersburg, 191015, Russia, e-mail: tagirov.ruslan.t@gmail.com