

Электронная скица для расчета пораженной поверхности тела при термической травме у детей

А.М. Акименков¹, Л.И. Будкевич², Д.Д. Долотова³, Б.А. Кобринский^{4,5}, Н.В. Матвеев⁵, Л.В. Шурова²

¹ООО «Софтпойнт», Москва, Россия;

²НИИ хирургии детского возраста Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия;

³ООО «Гаммамед-Софт», Москва, Россия;

⁴Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, Москва, Россия;

⁵Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия

A graphic tool for estimation of the area of burns in children

A.M. Akimenkov¹, L.I. Budkevich², D.D. Dolotova³, B.A. Kobrinskii^{4,5}, N.V. Matveev⁵, L.V. Schurova²

¹LLC «Softpoint», Moscow, Russia;

²NRI of Pediatric Surgery of Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia;

³LLC «Gammamed-Soft», Moscow, Russia;

⁴Federal Research Center «Computer Science and Control» of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;

⁵Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

Тяжесть ожогов зависит как от их площади, так и от глубины поражения тканей. Существующие простые методы оценки площади ожога не обеспечивают точной оценки, особенно у детей. В последние десятилетия были предприняты попытки использования информационных технологий для более точной оценки площади ожога. Как правило, для схематического изображения тела человека используется специальный шаблон (скица), что позволяет автоматически рассчитать площадь пораженной поверхности с большей точностью. Это особенно важно в педиатрии, так как пропорции тела детей разного возраста достаточно сильно различаются.

Электронная скица создана нами для детского ожогового отделения. Она использует алгоритм, позволяющий корректировать данные о поверхности ожогов, отображенных на двухмерной скице, с учетом трехмерности человеческого тела. Такая коррекция повышает точность оценки площади ожогов. Кроме того, данная система позволяет использовать цифровые фотографии ожоговой поверхности для динамической оценки состояния кожи в процессе лечения. Специальный алгоритм применяется для компенсации возможных различий в цветопередаче отдельных цифровых фотографий в серии снимков, что обеспечивает наилучшие возможности для сравнения состояния кожи пациента в разные моменты времени.

Ключевые слова: дети, ожоги, компьютерная программа, определение площади ожогов, определение площади донорских участков кожи, динамическое наблюдение, цифровые фотографии, цветокоррекция.

Для цитирования: Акименков А.М., Будкевич Л.И., Долотова Д.Д., Кобринский Б.А., Матвеев Н.В., Шурова Л.В. Электронная скица для расчета пораженной поверхности тела при термической травме у детей. Рос вестн перинатол и педиатр 2018; 63:(4): 89–94. DOI: 10.21508/1027-4065-2018-63-4-89-94

The severity of burns depends both on their size and depth of affected tissues. The existing simple methods for estimation of the injured skin area are not precise, especially in children. During last decades, attempts were made to employ information technologies for more precise estimation of the skin area affected by the burn. Usually, a special template («skitsa») is used to represent a human body in a schematic way, allowing automatic calculation of affected area with high accuracy. It is especially important in children, since proportions of their bodies vary greatly at different ages.

A computer graphic tool for estimation of area of burns was designed for the Department of Pediatric Burns. It uses an algorithm that allows to adjust burn data displayed on a two-dimensional template, taking into account the three-dimensional nature of the human body. Such correction increases burn area estimation accuracy. Additionally, this system allows using digital photographs of burn area for dynamic assessment of skin condition during treatment. A special algorithm is used to compensate for possible color distortions of the photographs in series, enabling better possibility of patient's skin condition comparison at different times.

Key words: children, burns, computer program, burn area estimation, donor skin area estimation, dynamic health monitoring, digital photographs, color correction.

For citation: Akimenkov A.M., Budkevich L.I., Dolotova D.D., Kobrinskii B.A., Matveev N.V., Schurova L.V. A graphic tool for estimation of the area of burns in children. Ros Vestn Perinatol i PEDIATRII 2018; 63:(4): 89–94 (in Russ). DOI: 10.21508/1027-4065-2018-63-4-89-94

В диагностике термической травмы решающее значение имеют размер (площадь) и глубина ожоговой поверхности, определяющие оценку состояния пациентов и объем необходимой медицинской помощи [1]. Общепринятыми методами оценки являются «Правило ладони», «Правило девяток»

или «Таблица Лунда–Браудера». В последний период, с развитием информационных технологий, создан ряд программ, предназначенных для поддержки медицинских работников на этапе острой ожоговой травмы. Они ориентированы в первую очередь на расчет объема инфузионной терапии

и нутритивной поддержки на основе определения площади поражения путем введения данных об ожоженных участках тела, фиксированных на изображениях (скицах) в программе. Для этого используется схематическое изображение тела человека, получившее в России название «скица» (от итал. schizzo – эскиз, набросок). Наряду с использованием для обозначения участков термического поражения графическое изображение в виде скицы также применяется для оценки рубцов, донорских участков и т.п. До появления компьютеров использовались отпечатанные на листе контурные изображения человеческого тела, на которых врачи отмечали (закрашивали) пораженные участки.

Использование электронной скицы имеет ряд преимуществ:

1. Автоматически рассчитывает и предоставляет врачу данные о площади пораженных участков тела, что важно для расчета трансфузионной терапии, площади участков донорской кожи для пересадки и площади необходимой искусственной кожи;
2. Способствует повышению точности и ускорению оценки площади пораженной поверхности тела при термической травме;
3. Обеспечивает возможность наглядно оценить динамику пораженных участков тела в процессе лечения в остром и отдаленном периодах;
4. Графические изображения, полученные в электронном виде и сопровождающиеся количественными оценками, могут быть переданы средствами связи врачу другого медицинского учреждения для консультации (получения второго мнения). Нельзя не отметить, что возможность просмотра изображения пораженных и потенциально донорских участков тела с указанием значений в процентах и квадратных сантиметрах важно для находящегося в отдалении врача-специалиста при телемедицинской консультации. Использо-

вание фото далеко не всегда является более информативным, и, кроме того, нередко не удается получить фото необходимого качества.

Состояние вопроса

В настоящее время опубликованы сведения о небольшом количестве программ, позволяющих рассчитать площадь ожога на основе работы пользователя с изображением в электронном виде: SAGE II и EPRI 3D Burn Vision [2], Burn Case 3D [3, 4], Burn Calculator [5], Mersey Burns [6], LiAo Burns Pro [7], Wound Flow [8], BAI [9]. Во всех этих программах в расчетах площади пораженной поверхности учитывается возраст пациента и производится вычисление объема необходимой инфузионной терапии по формуле Паркланда. Рассмотрим их подробнее.

Первым из перечисленных выше программных продуктов, включающим функционал, подобный графическому редактору, была SAGE II [2], разработка которой началась еще в 1987 г. В программе предусмотрена работа пользователя с двухмерной проекцией, расчет площади пораженной поверхности производится как в процентах от общей площади поверхности тела, так и в квадратных сантиметрах. Программа позволяет указывать на изображении участки тела с глубокими и поверхностными ожогами, ампутации, донорские участки и рубцы. Установлено, что оценки площади ожоговой поверхности тела хорошо коррелируют с потребностью в объеме вводимой жидкости, потребностью в питании и с прогнозом. В той же работе [2] рассматривается трехмерная компьютерная программа EPRI 3D Burn Vision, учитывающая морфологию тела. Другое приложение с трехмерной проекцией тела человека, получившее название Burn Case 3D, было создано в Австрии [4]. Как и в программе SAGE II, для пользователя есть возможность отметить зоны поверхностных и глубоких ожогов, донорских участков, ампутации и рубцы. Особенностью программы является то, что при расчете площади поражения учитываются не только масса, рост и возраст, но и комплекция пациента. Предусмотрено ведение архива цифровых изображений пораженной поверхности и их прикрепление к скице. Всеми вышеуказанными преимуществами обладает и программа BAI [9], разработанная в 2005 г. в Испании, которая также позволяет работать с трехмерным изображением. Авторами была показана высокая точность оценки площади ожога с помощью разработанного программного обеспечения.

Программа Burn Calculator [5], разработанная в Великобритании, позволяет рассчитать площадь ожога (в процентах) путем внесения отметок на двухмерную проекцию. Авторами была продемонстрирована высокая корреляция значений, полученных с помощью программы, со значениями, рассчитанными экспертами, при высокой межэкспертной надежности. В программе Mersey Burns [6] подсчет

© Коллектив авторов, 2018

Адрес для корреспонденции: Акименков Андрей Михайлович – программист ООО «Софтпойнт»

29164, Москва, Ракетный бульвар 16

Будкевич Людмила Иасоновна – д.м.н., проф., гл. научн. сотр. отдела комбустиологии и реконструктивно-пластической хирургии НИИ хирургии детского возраста РНИМУ им. Н.И. Пирогова

Шурова Лидия Витальевна – к.м.н., вед. научн. сотр. отдела комбустиологии и реконструктивно-пластической хирургии НИИ хирургии детского возраста РНИМУ им. Н.И. Пирогова

Матвеев Николай Валентинович – д.м.н., проф. кафедры медицинской кибернетики и информатики РНИМУ им. Н.И. Пирогова
117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1.

Долотова Дарья Дмитриевна – вед. научн. сотр. ООО «Гаммамед-Софт»,
ORCID: 0000-0002-5538-1109

127473 Москва, ул. Краснопролетарская, д.16, стр.1

Кобринский Борис Аркадьевич – д.м.н., проф., зав. отделом систем поддержки принятия клинических решений Института современных информационных технологий в медицине ФИЦ «Информатика и управление» РАН, ORCID: 0000-0002-3459-8851

117312 Москва, пр-т 60-летия Октября, д.9.

площади ожоговой поверхности также осуществляется после «раскрашивания» двухмерной проекции тела человека, при этом пользователь может отмечать участки поверхностных и глубоких ожогов.

В России первая электронная скица была создана в 2006 г. в Московском НИИ педиатрии и детской хирургии (ныне Научно-исследовательский клинический институт педиатрии имени академика Ю.Е. Вельтищева) и включена в состав электронной истории болезни детского ожогового центра [10]. В этой программе использовался следующий принцип оценки: поверхность тела разделялась на участки в соответствии с таблицей Лунда и Браудера и общая площадь поражения складывалась из площадей поражения на каждом участке. При этом оценить процент площади поражения на каждом выделенном участке тела врачу предлагалось самостоятельно. Хотя такой подход увеличивал в целом точность оценки обожженной поверхности, он по-прежнему основывался на субъективной оценке врачом пораженной площади на каждом участке. Кроме того, при таком подходе визуальное изображение на схеме требуемых участков не отвечает истинной картине зоны термического поражения вследствие использования жестко фиксированных участков тела человека и недоучета боковых поверхностей тела.

Методы исследования

В настоящем исследовании была поставлена цель создания программного модуля «Электронная скица» – компьютерного аналога скицы, основанного на двухмерной проекции тела человека. Однако следует отметить, что вычисление пораженных участков тела представляет достаточно трудную задачу, поскольку тело человека является сложной фигурой, требующей учета изменений пропорций тела в зависимости от возраста, пола, роста и массы, в то время как использование плоских проекций приводит к искажению оценок трехмерного человеческого тела. Чтобы компенсировать изменение оцениваемых площадей в модуле «Электронная скица», нами были разработаны специальные коэффициенты для различных участков проекций тела. Ниже изложен общий принцип этого метода. Как показано на рис.1, участки кожи конечности (аппроксимируемой в данном случае в виде цилиндра с осью AB и радиусом R), имеющие равную площадь (F_1 и F_2), проецируются на скицу как два участка с якобы различной площадью. Это происходит за счет перспективных сокращений размеров тех участков, которые наиболее далеко находятся от осевой линии скицы (линия AB). В общем случае соотношение между реальной площадью участка кожи конечности F_2 (аппроксимируемой как часть поверхности цилиндра) и его проекции на скицу соответствует следующему значению:

$$C = \frac{L_1 - L_2}{\frac{\pi R}{180} (\arccos(\frac{L_1}{R}) - \arccos(\frac{L_2}{R}))}$$

Данные расчеты были реализованы в разработанном программном средстве, что позволило наиболее точно оценивать площадь пораженных тканей с применением скицы.

Ошибка вычисления площади участка поверхности какой-нибудь части тела, которая приближенно считается цилиндрической с плоскими вставками (например, головы или грудной клетки), оценивается как:

- $E = h \cdot p \cdot 7\%$ в общем случае,
- $E = h \cdot p \cdot 2\%$ в случае, если между проекцией оцениваемого участка и краем проекции тела не менее 10% от ширины проекции этой части тела,

где h – доля площади, которую занимает оцениваемый участок по отношению к площади содержащей ее части тела; p – доля площади этой части тела по отношению к общей площади поверхности тела.

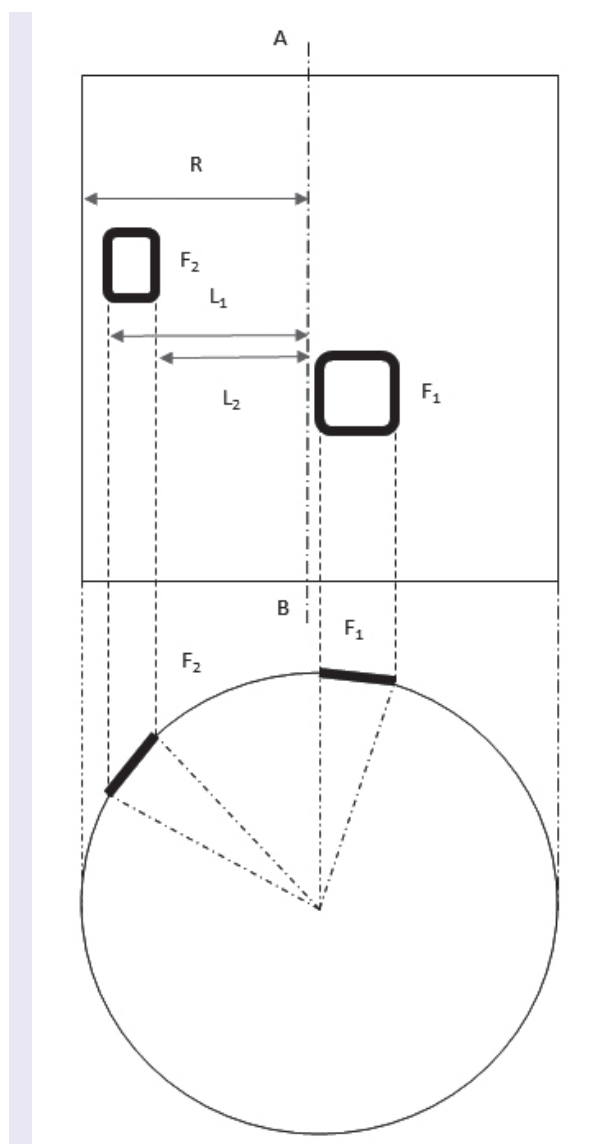


Рис. 1. Два участка кожи конечности с равной площадью (F_1 и F_2), проецирующиеся на скицу как участки с разной площадью
 Fig. 1. Two sites of a skin of an extremity with an equal area (F_1 and F_2), projecting on graphic sites of a body with the different area

Например, у ребенка в возрасте 7,5–9 лет доля площади живота в общей площади считается равной 13%. Если оцениваемый участок занимает 1/2 от площади живота, то ошибка вычисления площади этого участка в общем случае определяется как $0,5 \cdot 0,13 \cdot 7\% = 0,46\%$.

Для расчета относительной площади поражения (в %) учитываются относительные площади частей тела, определяемые таблицей Лунда–Браудера в соответствии с возрастом пациента. Для расчета абсолютной площади поражения (в квадратных сантиметрах) используется формула общей площади тела, в которой учитываются пол, рост и масса тела.

В программе предусмотрена возможность сохранения, наряду со схематическими изображениями, цифровых фотографий пораженных участков. Для оценки динамики патологического процесса могут быть использованы серии цифровых фотографий одних и тех же участков кожи. При этом отдельные фотографии серии могут быть сняты при разных условиях освещения, а также с помощью фотокамер с различными характеристиками цветопередачи. Это может осложнить визуальное сравнение изображений в динамическом ряду. Во избежание этого нами был разработан отдельный модуль цветокоррекции TransImage, позволяющий «нормализовать» цифровые изображения кожи, полученные в разных условиях [11].

Результаты исследования

Программа позволяет наносить изображения и вычислять площади нескольких различных типов: ожогов I, II и III степеней, ампутации/экзартикуляции, донорские участки, рубцовые поверхности гипертрофического, нормотрофического и келлоидного вида (в настоящей версии программный модуль использует изображения проекции тела ребенка в возрасте до 3 лет). На рис. 2 и 3 представлен вид окна программы с самостоятельно реализованными авторами проекциями тел детей со стороны лица и спины.

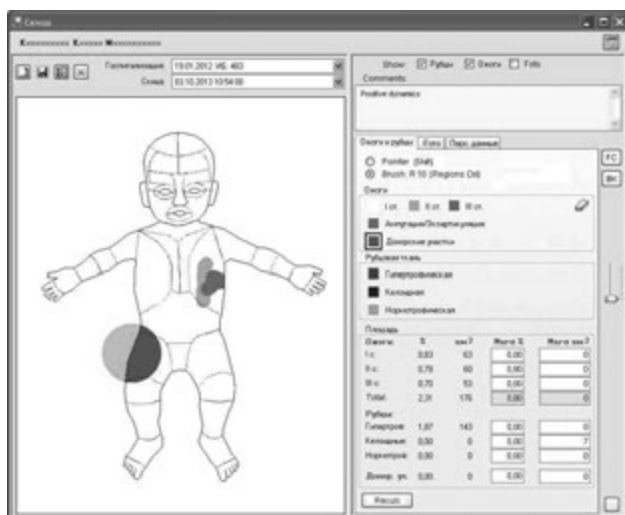


Рис. 2. Окно программы с проекцией тела спереди
Fig. 2. Program window with a projection of the body from the front

Программа имеет удобный интуитивно ясный интерфейс. Для работы с изображениями могут использоваться кисти изменяемого радиуса, а также закрашка целиком predetermined областей. Изображение может масштабироваться. Программа показывает вычисленные значения площадей в процентах и абсолютных значениях (квадратных сантиметрах) для каждого типа определяемых поверхностей. Также программа предоставляет возможность врачу в случае необходимости ввести измеренные вручную значения площадей. Расчет площади ожога в квадратных сантиметрах позволяет определить необходимый размер искусственной кожи и аутодермотрансплантатов для пластического закрытия ран. В программе предусмотрена возможность вычисления оценочной площади потенциальных донорских участков.

Полученные в процессе лечения скици могут храниться в базе данных, что позволяет осуществлять их сравнение. К каждой из скиц могут быть прикреплены фотографии обожженных поверхностей тела.

Программа предоставляет удобные средства для работы с фотографиями:

1. Указание дополнительных данных о фотографии – даты, номера медицинской карты и комментария;
2. Поиск с просмотром и предпросмотром фотографий по списку, позволяющий отобрать либо все фотографии пациента, либо относящиеся к определенной медицинской карте (при наличии повторных госпитализаций), либо относящиеся только к данной скице;
3. Возможность комментария к выбранной фотографии.

Фотографии больных с термическими поражениями требуют особенно высокого качества вследствие диагностического значения цветовых оттенков обожженной поверхности. Для этого ранее нами были проведены исследования по оценке качества

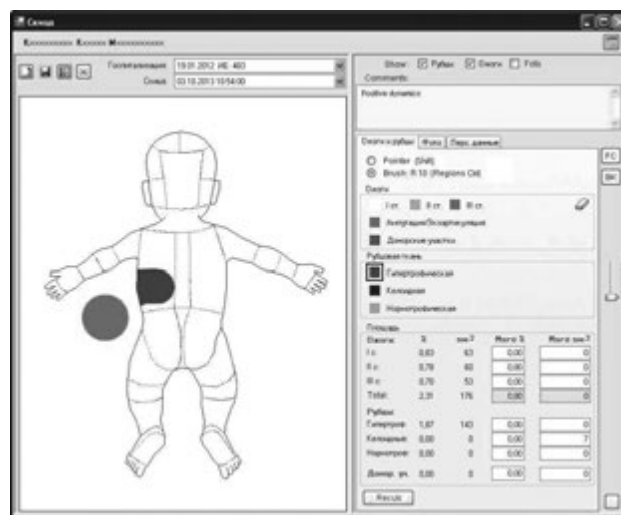


Рис. 3. Окно программы с проекцией тела сзади
Fig. 3. Program window with the projection of the body behind

цифровых изображений, в том числе для дистанционного консультирования больных [12].

Дискуссия

Относительно использования электронных скиц в международной медицинской практике (SAGE II [2], BurnCase3D [3, 4], Mersey Burns [6], LiAo BurnsPro [7]) следует отметить, что во всех программах в расчетах площади пораженной поверхности учитывается возраст пациента и производится вычисление объема необходимой инфузионной терапии по формуле Паркланда. Однако они различаются разной степенью учета объемности человеческого тела, расчетом ожоговой поверхности в процентах от всей поверхности тела человека или в квадратных сантиметрах. Это различие позволяет или не позволяет использовать электронную скицу для оценки донорских участков кожи, необходимого количества искусственной кожи и для определения размеров рубцовой ткани.

Дискуссионным остается вопрос об эффективности электронных скиц. Однако в литературе появляется все больше указаний, что ручные методы оценки обожженной поверхности тела содержат ошибки [13–16]. В ряде публикаций представлены данные, что программы показывают значительно более низкие значения, при том что завышение глубины/размера ожога по расчетам врачей составляло от 50 до 62% [2, 4, 16, 17]. Высокое стандартное отклонение наблюдается у пациентов с малыми, разбросанными по телу площадями ожогов; низкое стандартное отклонение – при несколько больших площадях. Переоценка зависит от расположения и степени областей поверхностных ожогов [15, 16]. Для ожога средней степени в оценках врачей был выявлен особенно большой разброс отклонений – от 3,5 до 15,3% [16]. По российским данным, отмечается недоучет площади обожженных поверхностей. Хирурги, выполнявшие расчеты площади поражения, допускали ошибки в 22,7% случаях [10]. Как следствие, наблюдалась недооценка тяжести состояния детей при поступлении в стационар.

В целом использование компьютерной модели приводит к повышению точности и сопоставимости оценки ожоговой поверхности [16]. Автоматизированная система может помочь в компенсации ошибок оценки и, безусловно, в улучшении первоначальных

оценок менее опытных хирургов. Анализ использования разработанной нами программы «Электронная скица» подтверждает эту точку зрения.

Заключение

Двухмерное графическое изображение тела человека реализовано в виде электронной скицы (графического изображения) с автоматическим учетом объемности человеческого тела путем использования специально разработанных коэффициентов. Программа позволяет наносить изображения и вычислять площади нескольких различных типов: ожоги I, II и III степеней, ампутации/экзартикуляции, донорские участки, рубцовые поверхности в процентах и абсолютных значениях (квадратных сантиметрах).

Последовательность электронных скиц и фотографий позволяет сохранять и наблюдать на полученных скицах (и присоединенных к ним фотографиях) динамику площади поражения и характер изменений обожженных поверхностей тела в процессе лечения, а также может использоваться для оценки и сравнительного анализа при телемедицинских консультациях.

Выводы

1. Электронная скица (графическое изображение) демонстрирует более высокую объективность оценки пораженных участков тела по сравнению с ручными методами расчета обожженной поверхности врачами.
2. Программный продукт «Электронная скица» может использоваться для расчета пораженных областей тела в остром периоде термической травмы и на этапах восстановительной терапии.
3. Объемность тела ребенка учитывается при расчетах с помощью специально разработанных коэффициентов, что позволяет повысить точность получаемых оценок площади поражения.
4. Фотографический архив обеспечивает необходимый контроль изменений обожженной поверхности.
5. Электронные скицы и фотографии могут использоваться при проведении телеконсультаций, позволяя удаленному специалисту получать объективную картину, в том числе в динамике.
6. Специальное программное обеспечение дает возможность корректировать возникающие при фотографировании цветоискажения.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Herndon D.N. Total burn care, 5 ed. Elsevier 2017; 812. <http://www.elsevier.com/books/total-burn-care/unknown/978-0-323-49742-8>
2. Neuwalder J.M., Sampson C., Breuing K.H., Orgill D.P. A review of computer-aided body surface area determination: SAGE II and EPRI's 3D Burn Vision. Journal Burn Care Rehabilitation 2002; 23(1): 55–59. <https://www.sagediagram.com>
3. Dirnberger J., Giretzlehner M., Ruhmer M., Haller H., Rodemund C. Modelling human burn injuries in a three-dimensional virtual environment. Studies in health technology and informatics 2003; 94: 52–58. <http://www.burncase.at>
4. Haller H.L., Dirnberger J., Giretzlehner M., Rodemund C., Kamolz L. “Understanding burns»: research project Burn-Case 3D – overcome the limits of existing methods in burns

- documentation. *Burns* 2009; 35(3): 311–317. DOI: 10.1016/j.burns.2008.07.010
5. *Berry M.G., Goodwin T.I., Misra R.R., Dunn K.W.* Digitisation of the total burn surface area. *Burns* 2006; 32(6): 684–688.
 6. *Safos S.S., Pritchard-Jones R., Seaton C., Shokrollahi K.* Medical innovation – a starting point for plastic surgeons. *Ann Plast Surg* 2012; 69(3): 225–7. DOI: 10.1097/SAP.0b013e31826b13a9
 7. LiAo Burns Pro. Omesoft Technologies, Zhuhai, China 2018.
 8. *Wachtel T.L., Berry C.C., Wachtel E.E., Frank H.A.* The interrater reliability of estimating the size of burns from various burn area chart drawings. *Burns* 2000; 26(2): 156–170.
 9. *Prieto M.F., Acha B., Gómez-Cía T., Fondón I., Serrano C.* A system for 3D representation of burns and calculation of burnt skin area. *Burns* 2011; 37(7): 1233–1240. DOI: 10.1016/j.burns.2011.05.018
 10. *Будкевич Л.И., Старостин О.И., Кобринский Б.А.* Информационные технологии в совершенствовании лечения детей с термической травмой. *Рос педиатр журн* 2008; 3: 25–28. [Budkevich L.I., Starostin O.I., Kobrinskii B.A. Information technology in improving the treatment of children with thermal trauma. *Ros pediatr zhurn* 2008; 3: 25–28.
 11. *Matveev N.V., Kobrinsky B.A.* Automatic colour correction of digital skin images in teledermatology. *J Telemed Telecare* 2006; 12 (3 suppl.): 62–63.
 12. *Matveev N., Kobrinskiy B., Budkevich L., Starostin O., Slinin A., Tarasov P.* The role of color accuracy of digital images in distant evaluation of burns. International symposium of International Society for Biophysics and Imaging of the Skin, 10–12 September, Besancon, France 2009; 117.
 13. *Nichter L.S., Bryant C.A., Edlich R.F.* Efficacy of burned surface area estimates calculated from charts – the need for a computer-based model. *J Trauma* 1985; 25(6): 477–481.
 14. *Jose R.M., Roy D.K., Vidyadharan R., Erdmann M.* Burns area estimation—an error perpetuated. *Burns* 2004; 30(5): 481–482.
 15. *Chan Q.E., Barzi F., Cheney L., Harvey J.G., Holland A.J.* Burn size estimation in children: still a problem. *Emerg Med Australas* 2012; 24(2): 181–186. DOI: 10.1111/j.1742-6723.2011.01511.x
 16. *Giretzlehner M., Dirnberger J., Owen R., Haller H.L., Lumenta D.B., Kamolz L.-P.* The determination of total burn surface area: How much difference? *Burns* 2013; 39(6): 1107–1113. DOI: 10.1016/j.burns.2013.01.021.
 17. *Miller S.F., Finley R.K., Waltman M., Lincks J.* Burn size estimate reliability: a study. *J Burn Care Rehabil* 1991; 12(6): 546–559.

Поступила 15.05.18

Received on 2018.05.15

Конфликт интересов:

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов и финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

Conflict of interest:

The authors of this article confirmed the lack of conflict of interest and financial support, which should be reported.