

## Использование вычислительных методов и экспертного подхода для определения типа послеожоговых рубцов кожи

Д.Д. Долотова, Л.В. Шурова, Б.А. Кобринский, Л.И. Будкевич

Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова; Научно-исследовательский клинический институт педиатрии; Детская городская клиническая больница №9 им. Г.Н. Сперанского, Москва

## Application of computational and expert approaches to determining the type of postburn skin scars

D.D. Dolotova, L.V. Shurova, B.A. Kobrinsky, L.I. Budkevich

Pirogov Russian National Research Medical University; Research Clinical Institute of Pediatrics; G.N. Speransky City Children's Clinical Hospital Nine, Moscow

Одним из актуальных вопросов лечения детей с последствиями ожоговой травмы является сложность в выборе тактики противорубцовых мероприятий. Повышение их эффективности возможно на основе более точной диагностики типа рубцовой ткани, что позволит определить оптимальное сочетание средств и методов для лечения ожоговых реконвалесцентов. Несмотря на то что в последнее время появились работы, посвященные использованию различных объективных методов для решения этой проблемы, до сих пор самым распространенным способом оценки послеожогового рубца является клинический осмотр, который в силу своей субъективности характеризуется высоким процентом ошибок. В статье предлагается использование алгоритмов определения типа рубца с помощью метода бинарной регрессии и экспертного подхода. В работе были использованы данные 109 клинических осмотров рубцов у 75 пациентов, обратившихся в Детскую городскую клиническую больницу №9 им. Г.Н. Сперанского. Созданные алгоритмы (правила) показали высокую точность определения типа рубца и были реализованы в программном модуле, позволяющем после внесения данных клинического осмотра и давности существования рубца определить вероятность отнесения рубца к одному из клинико-морфологических типов. Программа предназначена как для врачей-специалистов, так и для врачей общей практики.

*Ключевые слова:* послеожоговый рубец, решающие правила, экспертный подход, бинарная регрессия.

Difficulties in choosing anti-scarring tactics are one of the topical problems in the management of children with sequels of burn injury. Therapeutic effectiveness can be enhanced, by making a more accurate diagnosis of the type of scar tissue, which allows the determination of an optimal combination of tools and methods for convalescent burn treatment. Despite that there are recent research works dedicated to the practice of unbiased methods, clinical examination is so far the most widespread method for scar assessment, which shows a high percent of medical errors in view of its subjectivity. The authors of this article propose an algorithm of scar type identification via binary regression and expert approach. The data of 109 clinical examinations of scars in 75 children admitted to the G.N. Speransky Children's Clinical Hospital with burn scar were reviewed. The developed algorithms showed a high efficiency in identifying the type of a scar and were implemented in software that could define the probability of classifying the scar as one of the clinical and morphological types after entering the clinical exam data and scar age. The program is designed for both combustionology professionals and general practitioners.

*Key words:* postburn scar, decision rules, expert approach, binary regression.

**В** России за медицинской помощью по поводу ожогов ежегодно обращаются 75–77 тыс. детей [1], что составляет 33,5–38% от общего числа по-

страдавших от ожогов. В последующем, после заживления ожоговых ран и выписки из стационара более 80% пациентов нуждаются в реабилитационных мероприятиях, проводимых на протяжении многих лет после травмы; в противном случае отмечается развитие рубцовых контрактур. Это обусловлено склонностью организма ребенка к избыточному синтезу коллагена при заживлении кожных ран, а также диспропорцией роста рубцово-измененных и нормальных участков кожи.

В связи с этим главная задача при лечении детей с рубцами кожи состоит в обеспечении условий для нормального формирования послеожогового рубца. Это определяется проведением комплекса физиотерапевтических процедур, использованием препаратов местного направленного действия, сили-

© Коллектив авторов, 2014

*Ros Vestn Perinatol Pediat* 2014; 1:88–92

**Адрес для корреспонденции:** Долотова Дарья Дмитриевна — ассистент каф. медицинской кибернетики и информатики Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова

117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1

Шурова Лидия Витальевна — к.м.н., ст.н.с. отделения термической травмы НИКИ педиатрии

Кобринский Борис Аркадьевич — д.м.н., проф., рук. Научного центра новых информационных технологий того же учреждения, профессор кафедры медицинской кибернетики и информатики РНИМУ им. Н.И. Пирогова

125412 Москва, ул. Талдомская, д. 2

Будкевич Людмила Иасоновна — д.м.н., зав. 2-м ожоговым отделением

ДГКБ №9 им. Г.Н. Сперанского Москвы

123317 Москва, Шмитовский проезд, д. 29



деления с помощью критерия Колмогорова—Смирнова. В случае нормального распределения признака ( $p > 0,05$ ) для сравнения групп применялся  $t$ -критерий Стьюдента, в противном случае ( $p < 0,05$ ) — критерий Манна—Уитни [10]. Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью пакета программ SPSS 16.0.

Для построения решающего правила диагностики типа рубца (и его последующей реализации в модуле поддержки принятия решения) использовался метод бинарной регрессии. Качество моделей, построенных на основе бинарной регрессии, оценивалось с помощью чувствительности (доля пациентов с диагностированным с помощью правила заболеванием среди всех пациентов с данным заболеванием в выборке) и специфичности (доля пациентов с недиагностированным с помощью правила заболеванием среди пациентов без данного заболевания в выборке), а также общего процента правильных оценок характера рубцов. При разработке экспертных правил использовался текстологический метод (основанный на анализе публикаций по данной предметной области), сопровождавшийся применением принятых коммуникативных методов извлечения знаний [11] — интервьюированием и диалогами с врачом-экспертом.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Математический алгоритм диагностики типа рубцовой ткани

На первом этапе нашего исследования для построения математического алгоритма диагностики типа рубцовой ткани была использована бинарная регрессия с обратной пошаговой процедурой [10]. В результате её применения было разработано трехступенчатое правило, рассчитывающее на основе значений, принимаемых шестью клиническими характеристиками, вероятность у пациента того или иного типа рубца. На первом шаге определялась зрелость рубца; в случае, если рубец зрелый, на втором шаге определялась вероятность его «нормального» формирования; на третьем шаге для патологических рубцов определялась их принадлежность к гипертрофическому или келоидному типу (рис. 2).

Расчет вероятности отнесения рубца к какому-либо клинико-морфологическому типу осуществлялся по формуле:

$$p = 1 / (1 + e^{-(b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7 + const)}),$$

где  $p$  — вероятность отнесения к какому-либо типу рубца;  $x_1 - x_6$  — значения клинических характеристик рубца, соответствующие определенному количеству баллов ( $x_1$  — плотность;  $x_2$  — эластичность,  $x_3$  — высота,  $x_4$  — цвет,  $x_5$  — зуд,  $x_6$  — гиперестезия,  $x_7$  — давность);  $b_1 - b_6$  — коэффициенты при различ-

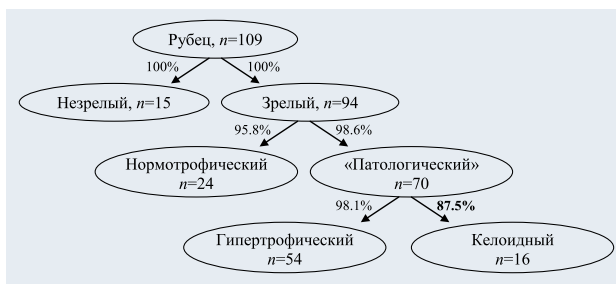


Рис. 2. Оценка решающих правил, построенных с помощью бинарной регрессии.

ных характеристиках рубца, полученные в ходе статистического анализа.

Чувствительность и специфичность построенных правил на первых двух шагах превышали 95%, однако точность определения келоидного рубца составила лишь 87,5%, что, скорее всего, связано с небольшим количеством наблюдений (16 случаев клинических оценок келоидных рубцов). Несмотря на то что частота ошибок составила 12,5%, она была значительно меньше частоты ошибок, характерной для традиционной клинической оценки келоидных рубцов. В дальнейшем нами была сделана попытка уменьшить этот показатель с помощью правил, основанных на экспертных знаниях.

### Алгоритм диагностики типа рубцовой ткани на основе экспертных знаний

При разработке правил на основе экспертных знаний в первую очередь был проведен анализ литературы по проблеме рубцовых изменений после термических травм [12–16], включая публикации о специальных шкалах для оценки рубцов [6–9]. В результате было сформировано дерево признаков с их значениями, упоминавшимися хотя бы один раз в перечисленных выше источниках. В первичный список вошли следующие признаки: высота рубца (уровень относительно кожи), локализация, видимость сосудов, цвет рубца, динамика цвета, субъективные ощущения (зуд, боль, парестезии), плотность, рост рубца, эластичность, характер поверхности рубца, пигментация.

На основе имеющегося у авторов опыта полученное дерево признаков было сокращено до 6 клинических характеристик, наиболее важных для дифференциальной диагностики типа рубцовой ткани (высота рубца, плотность, эластичность, цвет, наличие зуда и гиперестезии). Также, в ходе анализа клинических картин рубцов на разных стадиях их формирования, было признано целесообразным выполнить разделение типов рубцов на «ранние» и «поздние». В результате было получено 7 клинических групп, соответствующих следующим типам рубцов: незрелый, нормотрофический ранний/поздний, гипертрофический ранний/поздний, келоидный ранний/поздний.

На следующем этапе были определены возможные связи между значениями каждой из шести характеристик и типом рубцовой ткани, всем связям были

присвоены весовые коэффициенты, характеризующие диагностическую значимость признака. Таким образом, была сформирована база знаний.

Решение о возможном типе рубца принималось на основании анализа сумм коэффициентов: рубцу присваивался тип с максимальной суммой баллов. Это можно видеть на рис. 3, представляющем собой один из экранов системы, где видны как отмеченные характеристики рубца, так и вероятность его типа, определяемая количеством набранных баллов.

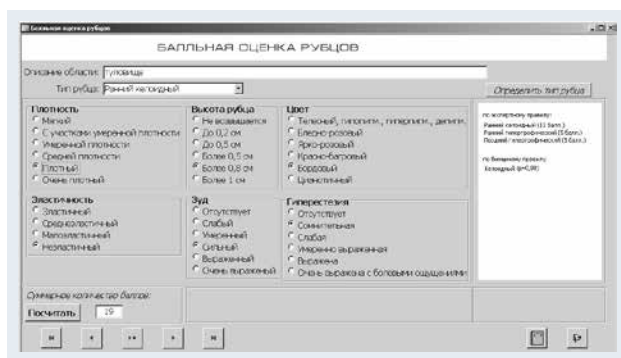


Рис. 3. Основная форма балльной оценки рубцов.

Полученные правила были проверены данными 109 клинических осмотров (табл. 2). В отличие от бинарных правил на основе экспертных знаний обладали большей чувствительностью и специфичностью. Точность определения келоидного рубца составила 100%, однако наблюдались ошибки в оценке гипертрофического рубца. Четыре случая гипертрофических рубцов были ошибочно отнесены к группе нормотрофических рубцов, что объясняется их регрессией в связи с давностью патологического процесса, хотя гистологически тип этих рубцов был определен как гипертрофический. В 3 случаях гипертрофические рубцы были определены как келоидные вследствие врачебных ошибок (основываясь на которых данные были внесены в базу), что впоследствии было выявлено при гистологическом исследовании.

Приводим клинический пример.

*Больной Г.*, 15.12.1996 года рождения, ожог пламенем ШАБ степени с площадью поверхности тела 5% получил 23.11.09 в области лица и верхних конечностей.

Таблица 2. Проверка экспертных правил

Верный тип рубца	Тип рубца по экспертному правилу							Доля верных отнесений, %
	Н	НР	ГР	КР	НП	ГП	КП	
Незрелый (Н)	15							100
Нормотрофический ранний (НР)		13						100
Гипертрофический ранний (ГР)			16					100
Келоидный ранний (КР)				6				100
Нормотрофический поздний (НП)					11			100
Гипертрофический поздний (ГП)					4	31	3	81,6
Келоидный поздний (КП)							10	100

Лечение ожоговых ран проводилось по месту жительства в течение 4 мес консервативными методами. Там же в связи с образованием грубых рубцов после заживления ожоговых ран в области лица и верхних конечностей мальчику в июле 2010 г. назначено консервативное противорубцовое лечение и была выполнена операция по поводу устранения сгибательных контрактур II—III—IV пальцев левой кисти. В связи с прогрессирующим ростом патологических рубцов в области лица и тыльной поверхности обоих предплечий и кистей в январе 2011 г. обратились в ДГКБ №9 им. Г. Н. Сперанского.

При поступлении: в области лба, щеки, подбородка, обоих предплечий, тыльной поверхности левой кисти определялись рубцы повышенной плотности, с умеренным зудом, с бордовым оттенком, бугристой поверхностью; полное открытие рта ограничивалось из-за рубцовых тяжей, идущих вдоль носогубных складок до подбородка; объем сгибательных движений в левом лучезапястном суставе снижен на 80–70% от нормы. На основе этих данных был поставлен диагноз «Послеожоговые рубцовые деформации лица, верхних конечностей, сгибательная контрактура левого лучезапястного сустава 1–2-й степени». Тип рубца был расценен как гипертрофический незрелый и назначено консервативное противорубцовое лечение. После лечения отмечен положительный эффект (уменьшение плотности и толщины рубцов).

В июне 2011 г. был госпитализирован в ДГКБ №9 им. Г. Н. Сперанского. При клиническом осмотре рубец был охарактеризован как очень плотный, неэластичный, высотой более 8 мм, телесного цвета. Зуд и гиперестезия отсутствовали. Тип рубца был расценен как гипертрофический зрелый и 08.07.11 выполнена операция: иссечение рубца в области левого предплечья пластикой местными тканями. При проведении морфологического исследования удаленного участка рубца определялись фрагменты мягкой ткани с глубокими массивными пучками рубцовой ткани, имеющей строение келоида. Заключение, сформированное в программном модуле после внесения данных клинического осмотра рубца у пациента, указывало на вероятность, равную 93%, отнесения рубца к келоидному клинико-морфологическому типу; по экс-



пертному правилу наиболее вероятным типом также был келоидный тип рубца.

Послеоперационное течение гладкое. Проводилась физиотерапевтическое лечение — магнитотерапия на область левого предплечья №10. После снятия швов на 14–17-е сутки был переведен для консервативной реабилитации в загорный стационар ДКБ №19.

## ВЫВОДЫ

1. Специально разработанные вычислительные и экспертные процедуры клинической оценки послеожоговых рубцов кожи позволяют определить кело-

идный тип рубцевания практически в 100% случаев.

2. Наиболее важными характеристиками дифференциальной оценки типа послеожоговых рубцов кожи, полученными при использовании вычислительных методов, являются шесть признаков: высота рубца, плотность, эластичность, цвет, наличие зуда и гиперестезии.

3. Использование модуля поддержки принятия врачебных решений в структуре медицинской информационной системы позволит повысить точность диагностики типа рубцов кожи при наблюдении ожоговых реконвалесцентов как врачами-специалистами, так и врачами общей практики с различным уровнем подготовки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баиндурашвили А.Г., Соловьева К.С., Залетина А.В. Распространенность ожогов у детей, потребность в стационарном лечении, инвалидность. Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. Приложение. Труды X Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы хирургии детского возраста» 2012; 26–27. (Baindurashvili A.G., Solov'eva K.S., Zaletina A.V. The prevalence of burns in children, the need for hospitalization and disability. The Russian bulletin of children's surgery, anesthesiology and resuscitation. The application. Proceedings of X Russian scientific-practical conference "Actual problems of pediatric surgery" 2012; 26–27.)
2. Соболева И.В. Обоснование тактики лечения детей с послеожоговыми рубцами кожи: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 2007; 24. (Soboleva I.V. Substantiation of management among children with post-burn scars skin. The synopsis of Ph.D. thesis. Moscow 2007; 24.)
3. Трыкова И.А., Шаробаров В.И., Тимина И.Е. и др. Неинвазивная дифференциальная диагностика гипертрофических и келоидных рубцов с помощью высокочастотного ультразвука. Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии 2012; 3: 66–71. (Trykova I.A., Sharobarov V.I., Timina I.E. et al. Non-invasive diagnostics of hypertrophic and keloid scars by means of high-frequency ultrasound. Annaly plasticheskoy, rekonstruktivnoy i ehsteticheskoy khirurgii 2012; 3: 66–71.)
4. Gulamhuseinwala N., Mackey S., Meagher P. et al. Should excised keloid scars be sent for routine histologic analysis? Ann Plast Surg 2008; 60: 2: 186–187.
5. Biryukov M.L., Belyakova T.N., Dmitriev G.I. The scars caused by burns, their structure, varieties and complications. Acta Chir Plast 1979; 21: 3: 86–95.
6. Tyack Z., Simons M., Spinks A. et al. A systematic review of the quality of burn scar rating scales for clinical and research use. Burns 2012; 38: 1: 6–18.
7. Durani P., McGrouther D.A., Ferguson M.W. Current scales for assessing human scarring: a review. J Plast Reconstr Aesthet Surg 2009; 62: 6: 713–720.
8. Forbes-Duchart L., Marshall S., Strock A. et al. Determination of inter-rater reliability in pediatric burn scar assessment using a modified version of the Vancouver Scar Scale. J Burn Care Res 2007; 28: 3: 460–467.
9. van der Wal M.B., Verhaegen P.D., Middelkoop E. et al. A clinimetric overview of scar assessment scales. J Burn Care Res 2012; 33: 2: 79–87.
10. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М: Практика 1998; 460. (Glanc S. Biomedical Statistics. Moscow: Praktika 1998; 460.)
11. Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. М: Радио и связь 1992; 200. (Gavrilova T.A., Chervinskaja K.R. Acquisition and structuring of knowledge for expert systems. Moscow: Radio i svjaz', 1992; 200.)
12. Арндт К.А. Коррекция рубцов. М: Рид Элсивер 2009; 116. (Arndt K.A. Scar revision. Moscow: Rid Jelsiver 2009; 116.)
13. Белоусов А.Е. Рубцы и их коррекция. Ст-Петербург: Командор-SPB 2005; 128. (Belousov A.E. Scars and their revision. SPb.: Komandor-SPB, 2005; 128.)
14. Озерская О.С. Рубцы кожи и их дерматокосметическая коррекция. Ст-Петербург: Искусство России 2007; 224. (Ozerskaja O.S. Scars of skin and dermatocosmetology revision. SPb: Iskusstvo Rossii 2007; 224.)
15. Логвинов С.В., Арий Е.Г., Байтингер В.Ф. Патологические кожные рубцы. Томск: Печатная мануфактура 2004; 140. (Logvinov S.V., Arij E.G., Bajtinger V.F. Abnormal skin scars. Tomsk: Pechatnaja manufaktura, 2004; 140.)
16. Галлямова Ю.А., Кардашова З.З. Гипертрофические и келоидные рубцы. Лечащий врач 2009; 10: 20–23. (Galljamova Ju.A., Kardashova Z.Z. Hypertrophic and keloid scars. Lechashhij vrach 2009; 10: 20–23.)

Поступила 05.11.13