

К ВОПРОСУ О ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ НЕКРЭКТОМИИ В ХИРУРГИИ ОЖОГОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт им. И.И. Джанелидзе
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит. А);

² Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова
МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2)

Актуальность. Задачей терапии пострадавших с глубокими ожогами является раннее оперативное лечение, которое заключается в выполнении хирургической некрэктомии с одновременным пластическим закрытием послеоперационного дефекта. Техническое выполнение хирургической некрэктомии продолжает оставаться дискуссионным.

Цель – оценить современные научные взгляды на использование тангенциальной некрэктомии в хирургическом лечении пострадавших от ожогов.

Методология. Поиск литературных источников выполнили по базе данных медицинских и биологических публикаций PubMed, поисковой системе Академия Google, а также с использованием ресурсов Научной электронной библиотеки (eLIBRARY.ru).

Результаты и их анализ. Анализ позволяет сделать вывод, что в настоящий момент метод тангенциальной некрэктомии в хирургическом лечении пострадавших с ожоговой травмой занимает неопределенное место. Нет убедительных данных о показаниях к использованию метода, не определены допустимая площадь одномоментно иссекаемых тканей и глубина иссечения, не разработана методика выполнения тангенциальной некрэктомии с использованием электродерматомы. Отсутствует информация об эффективных способах закрытия послеоперационных дефектов при использовании тангенциального иссечения струпа.

Заключение. Использование тангенциальной некрэктомии, допустимая площадь одномоментно иссекаемых тканей и глубина иссечения, методика выполнения тангенциальной некрэктомии с применением электродерматомы, эффективные способы закрытия послеоперационных раневых дефектов целесообразно объективизировать с точки зрения доказательной медицины.

Ключевые слова: травма, ожог, комбустиология, некрэктомия, дермабразия, аутодермопластика, трансплантат.

Введение

В соответствии с клиническими рекомендациями по хирургическому лечению пострадавших от ожогов под термином хирургическая некрэктомия подразумевают иссечение некротических тканей с использованием хирургических инструментов и оборудования (некротомы, дерматомы, электрохирургические, ультразвуковые, гидрохирургические аппараты и т. д.). По технике выполнения хирургической некрэктомии выделяют иссечение окаймляющим разрезом, тангенциальное и комбинированное иссечение. Под тангенциальной некрэктомией, в том числе дерма-

бразией, принято понимать послойное, «по касательной» удаление некротизированных тканей до визуально жизнеспособных [18].

Задачей лечения пострадавших с глубокими ожогами является раннее оперативное лечение, которое заключается в выполнении хирургической некрэктомии с одновременным пластическим закрытием послеоперационного дефекта. Но вопрос о техническом выполнении хирургической некрэктомии остается дискуссионным.

Цель – оценить современные научные взгляды на использование тангенциальной некрэктомии в хирургическом лечении пострадавших от ожогов.

✉ Зиновьев Евгений Владимирович – д-р. мед. наук проф., руков. отд. термических поражений, Санкт-Петерб. науч.-исслед. ин-т им. И.И. Джанелидзе (Россия, 192242, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит. А), e-mail: evz@list.ru;
Солошенко Виталий Викторович – д-р мед. наук, врач-хирург ожогового отделения № 1, Санкт-Петерб. науч.-исслед. ин-т им. И.И. Джанелидзе (Россия, 192242, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, лит. А), e-mail: burncenter.vs@gmail.com;

Коуров Антон Сергеевич – врач-хирург, соискатель ученой степени, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: anton.kourov@gmail.com;

Шаповалов Сергей Георгиевич – д-р мед. наук, зав. ожоговым отд-нием, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: shapovalov_serg@mail.ru

Материал и методы

Представлен обзор результатов поиска научных публикаций по текстовой базе данных медицинских и биологических публикаций PubMed, поисковой системе Академия Google, а также с использованием ресурсов Научной электронной библиотеки (eLIBRARY.ru) в основном за период 2000–2019 гг. Для поиска использовали слова (словосочетания) – тангенциальная некрэктомия, хирургическое лечение ожогов, тангенциальное иссечение ожогового струпа и пр.

Результаты и их анализ

Общие сведения. Впервые тангенциальная некрэктомия в качестве хирургического метода лечения была применена Т.Я. Арьевым в 1966 г., но повсеместного распространения не получила по причине интраоперационной кровопотери и необходимости реанимационного обеспечения в послеоперационном периоде [19]. По мнению зарубежных авторов, тангенциальная некрэктомия впервые использована при хирургическом лечении глубоких обширных ожогов Z. Janzekovic в 1970 г. [5].

В ведущих медицинских центрах страны методики некрэктомии развивались и совершенствовались десятилетиями. Во многих исследованиях доказано, что единственным методом повышения выживаемости тяжело-обожженных является раннее и быстрое удаление массива погибших тканей [10, 17, 18].

Целью некрэктомии являются удаление в возможно более ранние сроки нежизнеспособных тканей и подготовка к пластическому закрытию раневого дефекта при глубоких ожогах или создание условий для эпителизации при «пограничных» поражениях [18].

Х.Ф. Карваял, Д.Х. Паркс по технике выполнения выделяют три вида некрэктомии:

1) тангенциальную, которая предусматривает послойное удаление некроза в пределах собственно кожи; 2) секвенциальную (послойное тангенциальное очищение) – производится при ожогах на полную глубину до подкожной жировой клетчатки; 3) иссечение до фасции или глубже лежащих тканей (фасциальная некрэктомия) [21].

Считается, что при ожогах IIIA степени (по отечественной классификации ожогов от 1960 г.) полного морфологического восстановления кожи не происходит. Полная регенерация возможна только при ожоге, затрагивающем кожу не глубже, чем уровень сосочкового слоя дермы, и при сохранении специализированных клеток органа. Если же

кожа повреждена глубже, на уровне сетчатого слоя, дефект закрывается неспецифичной соединительной тканью [27].

Закономерно, что присутствие погибших тканей в ожоговой ране поддерживает каскад воспалительных реакций, репаративные процессы из сохранившихся дериватов кожи нарушаются и, по мнению авторов, в некоторых случаях поверхностный ожог теряет потенцию к самостоятельной эпителизации [39]. Считается, что раннее удаление погибших тканей обеспечивает купирование воспалительного процесса, но для этого оно должно быть выполнено именно по границе тканей живого и мертвого слоя клеток [12, 31, 41].

Сроки выполнения. Исходя из ранее сказанного, тангенциальная некрэктомия должна выполняться в ранние сроки и завершаться одновременной аутодермотрансплантацией либо последующим закрытием раны временным биологическим покрытием. Тангенциальная некрэктомия имеет смысл как операция раннего удаления слоя погибших тканей. Со 2-й недели начинается демаркация, поэтому в последующем у хирурга не возникает проблем в определении границы удаления погибших тканей. Спустя 14 сут после травмы, некрэктомия по линии демаркации будет наименее травматичной и наиболее радикальной, но вопрос о том, как отразится на состоянии пациента присутствие значительного объема погибших тканей, остается открытым [17].

П.В. Кислицын сообщает, что тангенциальное иссечение ожогового струпа в значительной мере позволяло сохранять жизнеспособные ткани, уменьшать продолжительность наиболее травматичного момента операции и создавать ровное воспринимающее ложе [8]. G. Song и соавт. выполнили ретроспективный анализ результатов лечения обожженных, поступивших на лечение с 2002 по 2013 г., которым выполнялась тангенциальная некрэктомия ожогов III степени с площадью поражения выше 70 % поверхности тела с глубиной иссечения до жизнеспособной подкожной жировой клетчатки. Хирургическое вмешательство выполняли в объеме некрэктомии с одномоментным закрытием раневых дефектов аутодермотрансплантатами не позднее 7 сут с момента получения травмы. Кроме того, авторы сообщают, что интраоперационная кровопотеря с 1 % поверхности тела при использовании жгута на конечности и без него имела небольшую разницу [45].

Для тангенциальной некрэктомии срок ее выполнения также определяет степень крово-

потери. Наиболее рационально тангенциальную некрэктомию выполнять у пострадавших с обширными ожогами в первые 3 сут после травмы, так как в более поздние сроки данная операция сопровождается значительной кровопотерей.

При выполнении некрэктомии кровопотеря в среднем составляет от 1 до 3 мл крови с 1 см² раневой поверхности. Объем кровопотери при некрэктомии зависит от времени её выполнения с момента травмы. Так, М. Desai (1990 г.) отмечает меньший объем кровопотери при выполнении некрэктомии в период ожогового шока, что объясняет спазмом микроциркуляторного русла. Автор указывает, что при иссечении струпа на площади 30% поверхности тела потеря крови составила (0,40 ± 0,06) мл/см² при операции в 1-е сутки и (0,49 ± 0,05) мл/см² – после 16 сут. При выполнении операции в срок от 2 до 16 сут кровопотеря была (0,75 ± 0,02) мл/см² [16].

Другой коллектив исследователей, основываясь на опыте хирургического лечения 304 обожженных в стадии шока, сделал вывод об эффективности тангенциальной некрэктомии при ее выполнении через 24 ч после поступления в специализированный стационар [32].

Преимущества. Визуальным признаком, свидетельствующим о достижении жизнеспособного слоя ткани, является точечное кровотечение из ложа раны. Методы снижения кровопотери включают местное использование марли, пропитанной тромбином и адреналином, подкожную инфильтрацию вазоконстрикторов, фибриновых герметиков [24].

При отсутствии уверенного гемостаза используется 2-этапный метод, при котором тангенциальное иссечение заканчивается закрытием раны временным покрытием, и после определенного времени и улучшения состояния пациента выполняется аутодермотрансплантация. По данным авторов, 61% врачей используют биологические или синтетические материалы для временного закрытия раны после 1-го этапа тангенциальной некрэктомии [48].

W. Tang и соавт. в результате проведенного исследования пришли к выводу, что использование тангенциальной некрэктомии с одномоментной аутодермопластикой перфорированным трансплантатом при лечении глубоких обширных ожогов является оптимальной схемой хирургического лечения, которая способствует снижению летальности и частоты осложнений у пациентов, позволяет

сократить время хирургического вмешательства и пребывания в стационаре [46].

J.J. Zhou и соавт. изучили клиническую эффективность тангенциального иссечения глубоких ожогов конечностей без наложения жгута в 1-е сутки с момента получения травмы. Выполненное исследование позволило сделать вывод, что проведение тангенциальной некрэктомии без наложения жгута на конечность сопровождается небольшим объемом интраоперационной кровопотери вследствие простоты выполнения и сокращения времени хирургического вмешательства [49]. Другие авторы призывают быть внимательными к объему кровопотери во время выполнения тангенциальной некрэктомии [27, 31].

F. Shao и соавт. при выполнении ранней тангенциальной некрэктомии при ожогах II степени сообщают о снижении инфекционных осложнений в послеоперационном периоде [42]. А.Г. Баиндурашвили и соавт. считают раннее хирургическое лечение детей с обширной термической травмой, которое заключается в тангенциальном иссечении струпа с одномоментным закрытием раневого дефекта аутокожей, наиболее эффективным в профилактике развития инвазивного кандидоза [2]. Y.O. Kok и соавт. сообщают о случае эффективного использования тангенциальной некрэктомии и биосинтетического раневого покрытия «Biobrane» при химическом ожоге щелочью II степени. После выполнения хирургической обработки и нейтрализации щелочи выполняли тангенциальное иссечение ожоговой раны электродерматомом «Zimmer». Контроль адекватности удаления нежизнеспособных тканей осуществляли с использованием лакмусового бумажного индикатора. Дальнейшее лечение осуществляли консервативно с использованием раневого покрытия «Biobrane». Самостоятельная окончательная эпителизация наступила через 1 мес после операции с хорошим косметическим результатом [33].

F. Li и соавт. в результате анализа исходов лечения 40 детей с глубокими ожогами с использованием тангенциальной некрэктомии электрическим дерматомом в ранние сроки после травмы выяснили, что данный метод способствует быстрому заживлению ран, сокращает продолжительность антибактериальной терапии, а также снижает продолжительность последующих хирургических операций [36]. A.J. Singer и соавт. на основании экспериментального исследования сделали вывод о снижении выраженности

деформации послеоперационных рубцов при выполнении тангенциальной некрэктомии в зоне глубоких ожогов в ранние сроки после травмы [43]. С.Б. Богданов и О.Н. Афаунова сообщают об эффективности использования тангенциальной некрэктомии электродерматомом в функциональных и склонных к рубцеванию зонах при ожогах II–III степени с глубиной эксцизии до нижних жизнеспособных слоев дермы и последующей одномоментной аутодермопластикой. Авторы утверждают, что использование данного метода позволяет снизить количество перевязок, сократить длительность инфузионной и антибактериальной терапии и, в конечном итоге, время пребывания пострадавшего на стационарном лечении [3].

В.В. Солошенко отмечает положительный эффект при использовании тангенциальной некрэктомии и культуры фетальных аллофибробластов на коллагеновом носителе при пограничных дермальных ожогах или так называемых «мозаичных поражениях кожи» [15].

Т.А. Королева и соавт. с целью лечения глубоких ожогов у детей использовали тангенциальную некрэктомию до глубоких слоев дермы с одномоментной аутодермопластикой неперфорированным трансплантатом и применением клеточной суспензии из аутоклеток (технология ReCell). С целью объективизации полученных результатов исследования использовали аппарат «Antera 3D», который позволил оценить такие клинические характеристики рубцов, как эритема, цвет и рельеф поверхности. По мнению исследователей, данная тактика хирургического лечения глубоких ожогов у детей позволяет добиться хороших эстетических результатов после хирургических вмешательств, что особенно важно при локализации зон повреждения в косметически значимых областях [9].

Недостатки. А.А. Евтеев и Ю.И. Тюрников выделяют ряд недостатков тангенциальной некрэктомии: неравномерность иссечения по глубине – по краям послеоперационной раны и в ее центре могут оставаться нижние слои дермы, сохраняющие способность к самостоятельной эпителизации, что приводит к неудовлетворительному косметическому результату; техническая сложность и неселективность иссечения; проблемы с гемостазом, который интраоперационно вызывает трудности в оценке радикальности некрэктомии, а в послеоперационном периоде может приводить к образованию гематом под трансплантатом [6].

R. Gurfinkel и соавт. провели анализ морфологической картины иссеченного ожогового струпа после 146 тангенциальных некрэктомий, выполненных дерматомом у 56 пострадавших с ожогами различной этиологии. Авторы продемонстрировали, что хирургическая тангенциальная некрэктомия часто приводила к удалению всего слоя дермы, в результате чего обнажались и высыхали жизнеспособные структуры. Кроме того, почти в половине случаев иссеченная ткань содержала жизнеспособные участки, что свидетельствовало о неудовлетворительной избирательности данного метода. В то же время, исследователи подчеркивают, что результат хирургического вмешательства зависит от ряда факторов: настройки глубины иссечения дерматомом, давления на дерматом и угла его наклона по отношению к иссекаемой поверхности, области тела, тонуса кожи и опыта хирурга [31].

Кажущаяся простота выполнения тангенциальной некрэктомии таит в себе целый ряд так называемых «подводных камней», которые при неудачно выполненной операции запускают каскад реакций, приводящих к неблагоприятным последствиям. Во-первых, возможна острая массивная потеря крови; во-вторых, в ряде наблюдений констатируется результат нерадикальной некрэктомии с последующей неудачной аутодермотрансплантацией. Некоторые авторы рекомендуют с большой осторожностью выполнять данную операцию [34]. В частности, результаты гистологических исследований свидетельствуют, что средняя толщина иссекаемого ожогового струпа при тангенциальной некрэктомии составила $(1,7 \pm 1,1)$ мм. При этом слой жизнеспособной ткани на этом участке занимал 41,2% от всей толщины иссечения. В более чем 25% случаев эксцизия не достигла жизнеспособных тканей. В 10% случаев иссекаемый слой содержал только погибшие ткани без участков удаления жизнеспособной ткани. Был сделан вывод, что толщина одного тангенциально иссеченного слоя струпа не намного больше, чем фактическая толщина всей кожи, и часто содержит жизнеспособную ткань. Перечисленные аспекты требуют разработки более точных методов диагностики глубины поражения и прецизионного удаления струпа [37].

Дермабразия. С недавнего времени дермабразию стали относить к хирургической некрэктомии, объектами удаления при которой являются эпидермис и поверхностный

слой дермы [18]. Э.Я. Фисталь и соавт. дермабразией при дермальных поверхностных ожогах считали очищение раневой поверхности от остатков погибшего эпидермиса и поверхностного слоя дермы. Инструментами выбора для данной манипуляции были лезвия скальпеля или дерматома, и/или металлические (пластиковые) щетки. Критерием адекватности проведения дермабразии считали появление капиллярной «росы» на раневой поверхности [17]. В то же время, В.В. Солошенко и соавт. дермабразию относили к методу первичного хирургического очищения раны, при этом наибольшую ее эффективность отмечали при выполнении в ранние сроки до формирования дермального струпа [15]. С.Б. Богданов и О.Н. Афаунова дермабразию считают методом хирургического очищения раневой поверхности, которое выполняется путем соскабливания остатков погибшего эпидермиса, гнойно-некротического налета и воспаленного поверхностного слоя дермы с использованием ложки Фолькмана и/или стерильных металлических щеток типа наждачной бумаги [3].

Большинство специалистов сходятся во мнении, что дермабразия показана при так называемых ожогах с неполной глубиной поражения кожи (partial-thickness burns), встречающихся в 60–80% наблюдений [25, 29]. Выделение клиницистами термина «дермальные» или «пограничные» ожоги обусловлено, скорее, практической значимостью в понимании особенностей лечения данного вида ожоговой травмы [1]. Именно при таких «пограничных» (дермальных) ожогах для хирургического лечения используют дермабразию или тангенциальную некрэктомию.

Дискуссию о том, где заканчивается дермабразия и начинается тангенциальная некрэктомия, с нашей точки зрения, можно решить методологически: если погибшие ткани удаляются абразивными поверхностями (щетки, сетки, нити и др.), то это – дермабразия, если для удаления используются различные режущие поверхности инструментов – некрэктомия. Тангенциальная некрэктомия предполагает послойное удаление погибших тканей острым путем на фиксированную глубину, в то время как при выполнении дермабразии удаляют фрагменты погибших тканей или сепарированные слои тканей, неплотно фиксированные к поверхности раны [1, 44].

Для тангенциальной некрэктомии важна ранняя диагностика глубины поражения. По

данным многих авторов, клиническая оценка глубины поражения является точной только в 65% случаев [50]. Неравномерность и мозаичность поражения по глубине делают невозможным выполнение тангенциальной некрэктомии в связи с вероятной травматизацией жизнеспособных структур. Кроме того, тангенциальная некрэктомия имеет не радикальный характер иссечения, что может приводить к отторжению пересаженных аутодермотрансплантатов. В настоящее время лазерно-доплеровская визуализация, которая измеряет перфузию или ее отсутствие в сожженной ткани, является единственным способом, который получил официальное одобрение для оценки глубины ожогов в клиниках многих стран [39]. Однако данный метод требует специальной подготовки и опыта выполнения в этих наблюдениях, калибровки аппарата в зависимости от длины волны, что определяет глубину проникновения луча.

Диагностика глубины поражения. С целью объективизации глубины поражения кожи во время выполнения дермабразии и тангенциальной некрэктомии рекомендовано применять способы оптического определения жизнеспособности тканей, основанные на технологии неинвазивной оптической визуализации, которые стремительно развиваются в последние годы. В результате анализа научной литературы S.V. Parasca и соавт. сообщают о наиболее часто освещаемых четырех категориях оценки глубины ожогов: оптические, ультразвуковые, оптико-акустические и ядерные методы визуализации [40].

Так, например, использование лазерной доплеровской флуометрии позволяет сократить время на принятие решения о дальнейшей тактике лечения, но на длительность заживления ожоговых ран и экономические затраты данная методика никак не влияет [30, 35]. Ряд авторов отмечают высокую специфичность и объективность методов фотоплетизмографии и многоспектральных изображений, особенно в ходе интраоперационного определения прецизионности тангенциальной некрэктомии [47]. К.М. Cross и соавт. пишут о высокой диагностической ценности метода ближней инфракрасной спектроскопии в определении глубины ожогов [26]. Некоторые исследователи отмечают эффективность метода конфокально-лазерной сканирующей микроскопии с использованием аппарата «Vivascope 1500» (Lucid Inc., Rochester, NY, USA) через 24 ч после ожога [23]. Среди отечественных публикаций есть сообщения

об эффективности использования в качестве диагностики глубины ожога ультразвукового исследования [8].

Среди оптико-акустических методов актуальным является фотоакустический имиджинг (визуализация) – гибридная технология, которая формирует изображение на основе регистрации ультразвуковых волн, генерируемых термоупругим расширением тканей, индуцированных оптическим излучением. Экспериментальные данные свидетельствуют о высокой корреляции метода фотоакустической визуализации с результатами гистологических исследований. Кроме этого, авторы отмечают более высокую чувствительность метода в сравнении с методом лазерной доплеровской флуометрии [32].

Но, несмотря на разнообразие предлагаемых методов диагностики глубины ожогов, клиническое применение получают лишь некоторые. Поэтому разработка новых, более надежных и экономически оптимальных методов остается еще открытой областью исследований [22].

Другие методы иссечения струпа. Помимо электродерматома, для выполнения некрэктомии используются и другие медицинские системы и аппараты. Так, например, И.В. Чмырев сообщает об эффективности и малотравматичности ультразвуковой диссекции при некрэктомии в процессе хирургического лечения глубоких ожогов. Данный метод, по мнению автора, позволяет снизить интраоперационную кровопотерю по сравнению с классическими методами иссечения омертвевших тканей, расширить площадь одномоментно иссекаемых тканей свыше 10% поверхности тела, сократить сроки лечения пострадавших на $(14,5 \pm 2,0)$ сут [20].

Е.К. Лобан и Д.Е. Лобан с целью ранней некрэктомии использовали радиохирургическую установку «Surgitron ENC» с частотой 3,8 МГц, которая способствовала лучшему приживлению трансплантатов, позволяла снизить кровопотерю и потребность в препаратах и компонентах крови [12]. Л.И. Будкевич и соавт. отмечают положительные результаты хирургической обработки ожоговых ран у детей с использованием гидрохирургического аппарата «VersaJet», которые заключаются в минимизации интраоперационной кровопотери, снижении риска развития инфекционных осложнений, сокращении сроков эпителизации. Кроме того, данный метод является оптимальным для подготовки раневого ложа к аутодермопластике [4].

И.Е. Погодин и соавт. подчеркивают высокую эффективность вышеуказанной системы при лечении ожогов IIIA степени (по отечественной классификации от 1960 г.): минимизирует потерю папиллярной дермы и ограничивает обнажение более глубокого ретикулярного слоя с фибробластами. Она наиболее эффективна в первые часы после ожоговой травмы [13].

С.М. Legemate и соавт. приоритет аппарата «VersaJet» признают при хирургическом лечении пострадавших молодого возраста, что, по-видимому, связано с лучшими эстетическими результатами, а также при выполнении хирургического вмешательства на анатомически сложных областях тела [35]. F. Duteille и P. Perrot при ожогах лица методом выбора хирургического лечения считают некрэктомию с использованием аппарата «VersaJet». Свой выбор авторы аргументируют селективностью и точностью выполнения диссекции тканей по причине особенностей анатомического строения лица [28]. К.О. Лакатош и М.А. Губин при хирургическом лечении ожогов лица демонстрируют положительный результат от использования хирургического CO₂-лазера «Ланцет-1», который позволяет сократить предоперационный койко-день, улучшить условия для приживления трансплантата, минимизировать страдания больного и ускорить сроки восстановления трудоспособности [11]. По сообщению И.А. Алмазова и соавт., плазменно-опосредованная радиочастотная абляция является новой и малоизученной методикой воздействия на раны, но, в то же время, признают ее наибольшую антибактериальную активность при санации ран в сравнении с гидрохирургическими методиками [1].

Безусловно, многие из приведенных методов имеют широкий круг сторонников, но и ряд недостатков, которые обусловлены экономическими причинами. Например, стоимость установки «VersaJet» составляет 2 млн рублей, а одноразовые наконечники оцениваются в 40 тыс. рублей за 1 экземпляр [14].

Обобщение результатов. На наш взгляд, следует учитывать определенную специфичность тангенциальной некрэктомии, соблюдение которой обеспечит положительный результат оперативного лечения.

Во-первых, локализация ожоговой раны. При тонком слое дермы после тангенциального иссечения ожогового струпа дном раны может оказаться подкожная жировая клетчатка, целесообразность выполнения аутодер-

моторансплантации на которую сомнительна. Если на задней поверхности туловища толщина дермы – от 2,6 до 4,7 мм, в то время как на сгибательной поверхности предплечья – всего 1,2–1,8 мм. Исходя из указанных цифр, тангенциальная некрэктомия может быть выполнена до жизнеспособных структур с одновременной аутодермотрансплантацией на задней поверхности туловища, в то время как на сгибательной поверхности предплечья в связи с относительно тонкой дермой после выполнения тангенциальной некрэктомии могут обнажаться подкожно-жировая клетчатка и фасция. Поэтому тангенциальная некрэктомия должна выполняться с учетом толщины кожного покрова в разных анатомических областях. Рельеф раневой поверхности также определяет возможность выполнения тангенциальной некрэктомии: область суставов, промежность, шея исключают проведение данной операции.

Во-вторых, этиологический фактор. Он определяет возможность выполнения тангенциальной некрэктомии. При воздействии пламени образуется первично-сформированный струп, под которым могут быть расположены жизнеспособные структуры. При глубоких ожогах горячей жидкостью ожоговый струп формируется позже, а глубина поражения значительно варьирует. При контактных ожогах тангенциальную некрэктомию выполнять нецелесообразно, так как происходит глубокое прогревание тканей, в том числе под фасцией.

В-третьих, способ временного или постоянного восстановления утраченного кожного покрова также определяет результат операции. Как показала практика, только выполнение некрэктомии с одномоментной аутодермотрансплантацией защищает рану

от высыхания и формирования вторичного струпа. Раневые покрытия далеко не всегда справляются с этой задачей. Поэтому тангенциальная некрэктомия имеет положительный эффект в том случае, если после иссечения струпа удастся полностью восстановить кожный покров. В противном случае результатом будут повторное формирование струпа, более длительное существование раны открытой.

В-четвертых, способы диагностики глубины поражения и наличие необходимого оборудования обеспечивают оптимальный объем операции, о преимуществах и недостатках каждого было изложено выше.

Заключение

Таким образом, при планировании оперативного вмешательства необходимо четко определить площадь тангенциальной некрэктомии, глубину иссечения с учетом анатомического строения кожного покрова в конкретной области, подобрать все возможные способы гемостаза, иметь в наличии временные биологические покрытия. В настоящий момент тангенциальная некрэктомия в хирургическом лечении пострадавших с ожоговой травмой занимает определенное место, но, в то же время, не конкретизированы сроки, способы ее выполнения, а также закрытия послеоперационных раневых дефектов кожного покрова.

Данные о показаниях к применению тангенциальной некрэктомии, допустимая площадь одномоментно иссекаемых тканей и глубина иссечения, методика выполнения тангенциальной некрэктомии с использованием электродерматома, эффективные способы закрытия послеоперационных раневых дефектов целесообразно обобщивать с точки зрения доказательной медицины.

Литература

1. Алмазов И.А. Патогенетическое обоснование выполнения хирургической дермабразии при ожогах : автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2017. 21 с.
2. Баиндурашвили А.Г., Колбин А.С., Бразоль М.А., Аристов А.М. Влияние особенностей хирургического лечения детей с обширной термической травмой на частоту развития инвазивного кандидоза // Травматология и ортопедия России. 2009. № 2 (52). С. 76–80.
3. Богданов С.Б., Афаунова О.Н. Пути совершенствования хирургического лечения пограничных ожогов конечностей // Кубанский научный медицинский вестник. 2016. № 3 (158). С. 154–159.
4. Будкевич Л.И., Астамирова Т.С., Сошкина В.В. Современные возможности хирургической обработки ран у детей с глубокими ожогами // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2012. Т. 2, № 2. С. 85–90.
5. Гуруков Ш.Р. Хирургическая некрэктомия в комплексной профилактике гнойно-септических осложнений у детей с тяжелой термической травмой // Комбустиология [Электронный ресурс]. 2001. № 08–09.
6. Евтеев А.А., Тюрников Ю.И., Шерстнев Р.А., Астафьев И.В. К вопросу об оценке аутодермопластики, регрессивные метаморфозы кожных трансплантатов // Комбустиология [Электронный ресурс]. 2000. № 5.

7. Егорова Е.А., Змеева Е.В. Сравнительная характеристика ультразвуковых признаков поражения тканей верхних конечностей при термических ожогах различной степени тяжести // Вестник рентгенологии и радиологии. 2012. № 6. С. 19–24.
8. Кислицын П.В. Диагностика и лечение ожогов IIIA–IIIB степени у детей : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Н. Новгород, 2012. 23 с.
9. Королева Т.А., Будкевич Л.И., Шурова Л.В., Долотова Д.Д. Оценка эффективности применения современных эквивалентов кожи в лечении детей с глубокими ожогами // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2014. Т. 4, № 3. С. 77–84.
10. Крылов К.М. Хирургическое лечение глубоких ожогов: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. СПб., 2000. 42 с.
11. Лакатош К.О., Губин М.А. Методы лазерной хирургии в комбустиологии // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2011. № 16-1 (111). С. 135–136.
12. Лобан Д.К., Лобан Д.Е. Методы лечения больных с термическими поражениями // Новости хирургии. 2008. Т. 16, № 3. С. 163–169.
13. Погодин И.Е., Ручин М.В., Стручков А.А. Лечение дермальных ожогов с применением гидрохирургической системы «VersaJet» и биополимера «Реперен» // Медицинский альманах. 2013. № 3 (27). С. 120–121.
14. Руднов В.А., Нишневич Е.В., Шуварин Д.В. [и др.]. Клинические рекомендации по ведению взрослых пациентов с острой ожоговой травмой. 2-е перераб. и доп. изд. Екатеринбург, 2016. 52 с.
15. Солошенко В.В. Влияние раннего оперативного лечения на течение ожоговой болезни у шахтеров, пострадавших в результате взрывной шахтной травмы // Украинский журнал экстремальной медицины им. Г.О. Можая. 2012. Т. 13, № 3. С. 41–44.
16. Солошенко В.В. Диагностика и хирургическое лечение пострадавших при взрывах метано-угольной смеси: клинко-экспериментальное исследование : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. СПб., 2017. С. 59.
17. Фисталь Э.Я., Самойленко Г.Е., Хачатрян С.Г., Фисталь Н.Н. Тактика лечения дермальных ожогов у детей // Комбустиология [Электронный ресурс]. 2007. № 32–33.
18. Хирургическое лечение пострадавших от ожогов: клинич. рекомендации / Алексеев А.А., Бобровников А.Э., Богданов С.Б. [и др.] ; Общероссийская общественная организация «Объединение комбустиологов «Мир без ожогов». М., 2015. 12 с.
19. Чебыкин С.Г., Демидова О.Н., Калаев Н.О. Ожоги III степени – поиск решения оперативных проблем // Скорая медицинская помощь. 2006. № 3. С. 164–165.
20. Чмырев И.В. Ультразвуковая диссекция при оперативном лечении глубоких ожогов: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2005. 25 с.
21. Шаповалов С.Г., Белых А.Н. Оперативное лечение пострадавших от ожоговой травмы в чрезвычайных ситуациях // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2011. Т. 6, № 1. С. 67–76.
22. Шаповалов С.Г., Адмакин А.Л., Коуров А.С. Современные инструментальные методы диагностики глубины ожога // Многопрофильная клиника XXI века. Инновации в медицине – 2019 : материалы междунар. науч. конгр. СПб., 2019. С. 346–348.
23. Altintas M.A., Altintas A.A., Knobloch K. [et al.]. Differentiation of superficial-partial vs. deep-partial thickness burn injuries in vivo by confocal-laser-scanning microscopy // Burns. 2009. Vol. 35, N 1. P. 80–86.
24. Butts C.C., Bose K., Frotan M.A. [et al.]. Controlling intraoperative hemorrhage during burn surgery: a prospective, randomized trial comparing NuStat® hemostatic dressing to the historic standard of care // Burns. 2017. Vol. 43, N 2. P. 374–378. DOI: 10.1016/j.burns.2016.08.026.
25. Connolly S. Clinical practice guidelines: burn patient management // ACI Statewide Burn Injury Service. Chatswood, NSW, Australia: NSW Agency for Clinical Innovation. 2011. P. 11–14.
26. Cross K. M., Leonardi L., Payette J.R. [et al.]. Clinical utilization of near infrared spectroscopy devices for burn depth assessment // Wound repair and regeneration. 2007. Vol. 15, N 3. P. 332–340.
27. Daigeler A., Kapalschinski N., Lehnhardt M. Therapy of burns // Chirurg. 2015. Vol. 86, N 4. P. 389–401. DOI: 10.1007/s00104-014-2919-3.
28. Duteille F., Perrot P. Management of 2nd-degree facial burns using the Versajet hydrosurgery system and xenograft: a prospective evaluation of 20 cases // Burns. 2012. Vol. 38, N 5. P. 724–749. DOI: 10.1016/j.burns.2011.12.008.
29. Eastridge B., Putz B. Burn clinical practice guideline // Texas EMS trauma and acute care foundation trauma division. Austin. 2016. P. 5–6.
30. Elamin S.E., Dickson J.K., Mackie I.P. Is Laser Doppler imaging (LDI) a measure of burn depth? // Burns: journal of the International Society for Burn Injuries. 2015. Vol. 41, N 2. P. 413.
31. Gurfinkel R., Rosenberg L., Cohen S. [et al.]. Histological Assessment of Tangentially Excised Burn Eschars // Can. J. Plast. Surg. 2010. Vol. 18, N 3. P. e33–e36.
32. Ida T., Iwazaki H., Kawaguchi Y. [et al.]. Burn depth assessments by photoacoustic imaging and laser Doppler imaging // Wound repair and regeneration. 2016. Vol. 24, N 2. P. 349–355.

33. Kok Y.O., Chong S.J., Basuki A., Tan B.K. Early definitive treatment of partial-thickness alkali burns with tangential excision and biobrane // *Archives of plastic surgery*. 2018. Vol. 45, N 2. P. 193–195.
34. Lang T.C., Zhao R., Kim A. Critical Update of the Assessment and Acute Management of Patients with Severe Burns // *Adv. Wound Care (New Rochelle)*. 2019. Vol. 8, N 12. P. 607–633. DOI: 10.1089/wound.2019.0963.
35. Legemate C.M., Goei H., Gostelie O.F.E. [et al.]. Application of hydrosurgery for burn wound debridement: An 8-year cohort analysis // *Burns*. 2019. Vol. 41, N 1. P. 88–96. DOI: 10.1016/j.burns.2018.08.015.
36. Li F., Chi Y.F., Hu Q. [et al.]. Effects of minimally invasive tangential excision in treating deep partial-thickness burn wounds on trunk and limbs in pediatric patients in the early stage post burn // *Zhonghua Shao Shang Za Zhi [Chinese journal of burns]*. 2018. Vol. 34, N 10. P. 714–718. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2018.10.012.
37. Lu S.-L. Basic and Clinical Research in the Field of Burn Wound Healing // *Zhonghua Shao Shang Za Zhi [Chinese Journal of Burns]*. 2008. Vol. 24, N 5. P. 359–361.
38. Monstrey S., Hoeksema H., Verbelen J. [et al.]. Assessment of burn depth and burn wound healing potential // *Burns*. 2008. Vol. 34, N 6. P. 761–769. DOI: 10.1016/j.burns.2008.01.009.
39. Nusbaum A.G., Gil J., Rippey M.K. [et al.]. Effective method to remove wound bacteria: comparison of various debridement modalities in an in vivo porcine model // *J. Surg. Research*. 2012. Vol. 176, N 2. P. 701–707. DOI: 10.1016/j.jss.2011.11.1040.
40. Parasca S.V., Calin M.A. [et al.]. Hyperspectral index-based metric for burn depth assessment // *Biomedical optics express*. 2018. Vol. 9, N 11. P. 5778–5791.
41. Rappl T. Hydrosurgery-System® in Burn Surgery–Indications and Applications // *Skin Grafts*. 2013. P. 1.
42. Shao F., Ren W.-J., Meng W.Z. [et al.]. Burn Wound Bacteriological Profiles, Patient Outcomes, and Tangential Excision Timing: A Prospective, Observational Study // *Ostomy Wound Manage*. 2018. Vol. 64, N 9. P. 28–36. DOI: 10.25270/owm.2018.9.2836.
43. Singer A.J., Toussaint J., Chung W.T. [et al.]. Early versus Delayed Excision and Grafting of Full-Thickness Burns in a Porcine Model: A Randomized Study // *Plast. Reconstr. Surg*. 2016. Vol. 137, N 6. P. 972e–979e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000002161.
44. Li R.S., Natesan S., Kowalczewski C. [et al.]. Advancements Regenerative Strategies Through the Continuum of Burn Care // *Front Pharmacol*. 2018. Vol. 9, Issue JUL. N article 672. DOI: 10.3389/fphar.2018.00672.
45. Song G., Jia J., Ma Y. [et al.]. Efficacies of treating large area third-degree burns by tangential excision and skin grafting for subcutaneous tissue wounds // *National Medical Journal of China*. 2014. Vol. 94, N 44. P. 3492–3496. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2014.44.010.
46. Tang W., Li X., Deng Z. [et al.]. Effects of unified surgical scheme for wounds on the treatment outcome of patients with extensive deep burn // *Zhonghua Shao Shang Za Zhi [Chinese Journal of Burns]*. 2015. Vol. 31, N 4. P. 254–258. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2015.04.004.
47. Thatcher J.E., Li W. [et al.]. Multispectral and photoplethysmography optical imaging techniques identify important tissue characteristics in an animal model of tangential burn excision // *Journal of Burn Care & Research*. 2016. Vol. 37, N 1. P. 38–52.
48. Wurzer P., Keil H., Branski L.K. [et al.]. The use of skin substitutes and burn care-a survey // *J. Surg. Res*. 2016. Vol. 201, N 2. P. 293–298. DOI: 10.1016/j.jss.2015.10.048.
49. Zhou J.-J., Chen J., Shi J.-W., Su G.-L. Tangential excision of deep partial thickness burn wound during an early stage without tourniquet // *National Medical Journal of China*. 2011. Vol. 91, N 44. P. 3123–3126. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2011.44.08.
50. Zuo K.J., Medina A., Tredget E.E. Important developments in burn care // *Plast. Reconstr. Surg*. 2017. Vol. 139, N 1. P. 120e–138e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000002908.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.
Поступила 25.06.2020 г.

Участие авторов: Е.В. Зиновьев, С.Г. Шаповалов – анализ полученного теоретического материала и написание заключения и выводов; В.В. Солошенко, А.С. Коуров – поиск литературы по избранной теме.

Для цитирования. Зиновьев Е.В., Солошенко В.В., Коуров А.С., Шаповалов С.Г. К вопросу о тангенциальной некрэктомии в хирургии ожогов (обзор литературы) // *Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях*. 2020. № 3. С. 24–35. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-3-24-35

On the issue of tangential necrectomy in burn surgery (literature review)

Zinoviev E.V.¹, Soloshenko V.V.¹, Kourov A.S.², Shapovalov S.G.²

¹ St. Petersburg I.I. Dzhaneldze Research Institute of Emergency Medicine
(3A, Budapeshtskaya Str., Russia, St. Petersburg, 192242, Russia);

² The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia
(4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia)

✉ Evgeniy Vladimirovich Zinoviev – Dr. Med. Sci. Prof., Head, Department of Thermal Damage, St. Petersburg I.I. Dzhaneldze Research Institute of Emergency Medicine (3A, Budapeshtskaya Str., St. Petersburg, 192242, Russia), e-mail: evz@list.ru;

Vitaliy Viktorovich Soloshenko – Dr. Med. Sci., surgeon of the burn department N 1, St. Petersburg I.I. Dzhaneldze Research Institute of Emergency Medicine (3A, Budapeshtskaya Str., St. Petersburg, 192242, Russia), e-mail: burncenter.vs@gmail.com;

Anton Sergeevich Kourov – surgeon, PhD Student, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: anton.kourov@gmail.com;

Sergey Georgievich Shapovalov – Dr. Med. Sci., Head, Burn Department, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: shapovalov_serg@mail.ru

Abstract

Relevance. Treatment of choice for patients with deep burns is early surgery, i.e. necrectomy with simultaneous plastic closure of the postoperative defect. However, technical implementation of necrectomy is still under debate.

Intention. To assess current scientific views on the use of tangential necrectomy in the surgical treatment of burn victims.

Methodology. A literature survey was carried out using PubMed database, the Google Academy search engine, and also resources of the Scientific electronic library (eLIBRARY.ru).

Results and Discussion. The analysis allows us to conclude that at present tangential necrectomy for burn injuries is not generally approved. There is no convincing data on its indications, acceptable areas of simultaneously excised tissues and excision depth are not determined, the technique for performing tangential necrectomy using an electrodermatome has not been developed. There is no information on effective methods for closing postoperative defects using tangential excision of a scab.

Conclusion. Thus, tangential necrectomy indications as well as acceptable areas of simultaneously dissected tissues and the depth of excision, tangential necrectomy technique via electrodermatome for closing postoperative wound defects need evidence-based justification.

Keywords: trauma, burn, combustiology, necrectomy, dermabrasion, autodermoplasty, transplant.

References

1. Almazov I.A. Patogeneticheskoe obosnovanie vypolneniya khirurgicheskoi dermabrazii pri ozhogakh [Pathogenetic rationale for performing surgical dermabrasion in case of burns]: Abstract dissertation PhD. Med. Sci. Sankt-Peterburg. 2017. 21 p. (In Russ.)
2. Baindurashvili A.G., Kolbin A.S., Brazol M.A., Aristov A.M. Vliyanie osobennostey khirurgicheskogo lecheniya detej s obshirnoj termicheskoy travmoy na chastotu razvitiya invazivnogo kandidoza [The effect of features of surgical treatment of children with the extensive thermal injuries on the frequency of invasive candidiasis]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2009. N 2. Pp. 76–80. (In Russ.)
3. Bogdanov S.B., Afaunova O.N. Puti sovershenstvovaniya khirurgicheskogo lecheniya pograniichnykh ozhogov konechnostej [Ways of improving the surgical treatment of borderline limb burns]. *Kubanskij nauchnyj medicinskij vestnik* [Kuban Scientific Medical Bulletin]. 2016. N 3. Pp. 154–159. (In Russ.)
4. Budkevich L.I., Astamirova T.S., Soshkina V.V. Sovremennye vozmozhnosti khirurgicheskoy obrabotki ran u detej s glubokimi ozhogami [Current possibilities of surgical treatment of wounds in children with deep burns]. *Rossiiskij vestnik detskoy khirurgii, anesteziologii i reanimatologii* [Russian Bulletin of Pediatric Surgery, Anesthesiology and Resuscitation]. 2012. Vol. 2, N 2. Pp. 85–90. (In Russ.)
5. Gurukov Sh.R. Khirurgicheskaja nekrjektomija v kompleksnoj profilaktike gnojno-septicheskikh oslozhnenij u detej s tjazhelej termicheskoy travmoy [Surgical necrectomy in the comprehensive prevention of purulent-septic complications in children with severe thermal injury]. *Kombustologiya* [Combustiology] [Electronic resource]. 2001. N 08-09. (In Russ.)
6. Evteev A.A., Tyurnikov Yu.I., Sherstnev R.A., Astafiev I.V. K voprosu ob ocenke autodermoplastiki, regressivnye metamorfozy kozhnykh transplantatov [On the assessment of autodermoplasty regression metamorphosis of skin grafts]. *Kombustologiya* [Combustiology] [Electronic resource]. 2000. N 05. (In Russ.)
7. Egorova E.A., Zmeyeva E.V. Sravnitel'naja harakteristika ul'trazvukovykh priznakov porazheniya tkanej verhnih konechnostej pri termicheskikh ozhogah razlichnoj stepeni tjazhesti [Comparative characteristics of the ultrasound signs of tissue injuries of the upper extremities in varying degrees of thermal burns]. *Vestnik rentgenologii i radiologii*. [Bulletin of radiology and radiology]. 2012. N 6. Pp. 19–24. (In Russ.)
8. Kisil'syn P.V. Diagnostika i lechenie ozhogov IIIA–IIIB stepeni u detej [Diagnosis and treatment of degree IIIA–IIIB burns in children]: Abstract dissertation PhD. Med. Sci. Nizhny Novgorod. 2012. 23 p. (In Russ.)
9. Koroleva T.A., Budkevich L.I., Shurova L.V., Dolotova D.D. Ocenka jeffektivnosti primeneniya sovremennykh jekvivalentov kozhi v lechenii detej s glubokimi ozhogami [Estimated effectiveness of usage of modern skin equivalents in treatment of children with deep burns]. *Rossiiskij vestnik detskoy khirurgii, anesteziologii i reanimatologii*. [Russian Bulletin of Pediatric Surgery, Anesthesiology and Resuscitation]. 2014. Vol. 4, N 3. Pp. 77–84. (In Russ.)

10. Krylov K.M. Khirurgicheskoe lechenie glubokikh ozhogov [Surgical treatment of deep burns]: Abstract dissertation Dr. Med. Sci. Sankt-Peterburg. 2000. 42 p. (In Russ.)
11. Lakatos K.O., Gubin M.A. Metody lazernoj hirurgii v kombustologii [Methods of laser surgery in combustiology]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Medicina. Farmacija* [Scientific reports of Belgorod State University. Series: Medicine. Pharmacy]. 2011. N 16-1. Pp. 135–136. (In Russ.)
12. Loban D.K., Loban D.E. Metody lechenija bol'nyh s termicheskimi porazhenijami [Methods of treating patients with thermal lesions]. *Novosti hirurgii* [Surgery News]. 2008. Vol. 16, N 3. Pp. 163–169. (In Russ.)
13. Pogodin I.E., Ruchin M.V., Struchkov A.A. Lechenie dermal'nyh ozhogov s primeneniem gidrohirurgicheskoy sistemy «VersaJet» i biopolimera «Reperen» [The treatment of dermal burns with the use of hydrosurgical system “VersaJet” and biopolymer “Reperen”]. *Meditsinskij al'manah*. [Medical almanac]. 2013. N 3. Pp. 120–121. (In Russ.)
14. Rudnov V.A., Nishnevich E.V., Shuvarin D.V. [et al.]. Klinicheskie rekomendacii po vedeniju vzroslyh pacientov s ostroj ozhogovoj travmoy [Clinical guidelines for the management of adult patients with acute burn injury]. Yekaterinburg. 2016. 52 p. (In Russ.)
15. Soloshenko V.V. Vlijanie rannego operativnogo lechenija na techenie ozhogovoj bolezni u shahterov, postradavshih v rezul'tate vzryvnoj shahtnoj travmy [Effect of early operative treatment on the course of burn disease in miners affected by mine blast injuries]. *Ukrainskij zhurnal jekstremal'noj mediciny im. G.O. Mozhaeva*. [Ukrainian Journal of Extreme Medicine named after G.O. Mozhaeva]. 2012. Vol. 13, N 3, Pp. 41–44. (In Russ.)
16. Soloshenko V.V. Diagnostika i khirurgicheskoe lechenie postradavshikh pri vzryvakh metano-ugol'noi smesi: kliniko-ehksperimental'noe issledovanie [Diagnostics and surgical treatment of victims of methane-coal mixture explosions: clinical and experimental research]: Abstract dissertation Dr. Med. Sci. Sankt-Peterburg. 2017. 59 p. (In Russ.)
17. Fistal E.Ya., Samoilenko G.E., Khachatryan S.G., Fistal N.N. Taktika lechenija dermal'nyh ozhogov u detej [Tactics for the treatment of dermal burns in children]. *Kombustiolgija* [Combustiology] [Electronic resource]. 2007. N 32-33. (In Russ.)
18. Surgical treatment of burn victims: clinical recommendations / Alekseev A.A., Bobrovnikov A.E., Bogdanov S.B. [et al.]. All-Russian public organization “Association of Combustionologists” World without burns “. Moskva. 2015. 12 p. (In Russ.)
19. Chebykin S.G., Demidova O.N., Kalaev N.O. Ozhogi III stepeni – poisk reshenija operativnyh problem [Burns of the III degree - the search for a solution to operational problems]. *Skoraja medicinskaja pomoshh'*. [Emergency medical care]. 2006. N 3. Pp. 164–165. (In Russ.)
20. Chmyryov I.V. Ul'trazvukovaya dissektsiya pri operativnom lechenii glubokikh ozhogov [Ultrasonic dissection in the surgical treatment of deep burns]: Abstract dissertation PhD. Med. Sci. Sankt-Peterburg. 2005. 25 p. (In Russ.)
21. Shapovalov S.G., Belykh A.N. Operativnoe lechenie postradavshih ot ozhogovoj travmy v chrezvychajnyh situacijah [Operative treatment of victims with burn in extreme situations]. *Vestnik Nacional'nogo mediko-hirurgicheskogo centra im. N.I. Pirogova* [Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov]. 2011. Vol. 6, N 1. Pp. 67–76. (In Russ.)
22. Shapovalov S.G., Admakin A.L., Kourov A.S. Sovremennye instrumental'nye metody diagnostiki glubiny ozhoga [Modern instrumental methods for diagnosing burn depth]. *Multidisciplinary clinic of the 21st century. Innovations in medicine – 2019: scientific congress proceedings*. Sankt-Peterburg. 2019. Pp. 346–348. (In Russ.)
23. Altintas M.A., Altintas A.A., Knobloch K. [et al.]. Differentiation of superficial-partial vs. deep-partial thickness burn injuries in vivo by confocal-laser-scanning microscopy. *Burns*. 2009. Vol. 35, N 1. Pp. 80–86.
24. Butts C.C., Bose K., Frota M.A. [et al.]. Controlling intraoperative hemorrhage during burn surgery: a prospective, randomized trial comparing NuStat® hemostatic dressing to the historic standard of care. *Burns*. 2017. Vol. 43, N 2. Pp. 374–378. DOI: 10.1016/j.burns.2016.08.026.
25. Connolly S. Clinical practice guidelines: burn patient management // ACI Statewide Burn Injury Service. Chatswood, NSW, Australia: NSW Agency for Clinical Innovation. 2011. Pp. 11–14.
26. Cross K. M., Leonardi L., Payette J.R. [et al.]. Clinical utilization of near infrared spectroscopy devices for burn depth assessment. *Wound repair and regeneration*. 2007. Vol. 15, N 3. Pp. 332–340.
27. Daigeler A., Kapalschinski N., Lehnhardt M. Therapy of burns. *Chirurg*. 2015. Vol. 86, N 4. Pp. 389–401. DOI: 10.1007/s00104-014-2919-3.
28. Duteille F., Perrot P. Management of 2nd-degree facial burns using the VersaJet hydrosurgery system and xenograft: a prospective evaluation of 20 cases. *Burns*. 2012. Vol. 38, N 5. Pp. 724–749. DOI: 10.1016/j.burns.2011.12.008.
29. Eastridge B., Putz B. Burn clinical practice guideline. *Texas EMS trauma and acute care foundation trauma division. Austin*. 2016. Pp. 5–6.
30. Elamin S.E., Dickson J.K., Mackie I.P. Is Laser Doppler imaging (LDI) a measure of burn depth? *Burns*. 2015. Vol. 41, N 2. Pp. 413.
31. Gurfinkel R., Rosenberg L., Cohen S. [et al.]. Histological Assessment of Tangentially Excised Burn Eschars. *Can. J. Plast. Surg.* 2010. Vol. 18, N 3. Pp. e33–e36.
32. Ida T., Iwazaki H., Kawaguchi Y. [et al.]. Burn depth assessments by photoacoustic imaging and laser Doppler imaging. *Wound repair and regeneration*. 2016. Vol. 24, N 2. Pp. 349–355.
33. Kok Y.O., Chong S.J., Basuki A., Tan B.K. Early definitive treatment of partial-thickness alkali burns with tangential excision and biobrane. *Archives of plastic surgery*. 2018. Vol. 45, N 2. Pp. 193–195.
34. Lang T.C., Zhao R., Kim A. Critical Update of the Assessment and Acute Management of Patients with Severe Burns. *Adv. Wound Care* (New Rochelle). 2019. Vol. 8, N 12. Pp. 607–633. DOI: 10.1089/wound.2019.0963.
35. Legemate C.M., Goei H., Gostelie O.F.E. [et al.]. Application of hydrosurgery for burn wound debridement: An 8-year cohort analysis. *Burns*. 2019. Vol. 41, N 1. Pp. 88–96. DOI: 10.1016/j.burns.2018.08.015.
36. Li F., Chi Y.F., Hu Q. [et al.]. Effects of minimally invasive tangential excision in treating deep partial-thickness burn wounds on trunk and limbs in pediatric patients in the early stage post burn. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi [Chinese journal of burns]*. 2018. Vol. 34, N 10. Pp. 714–718. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2018.10.012.
37. Lu S.-L. Basic and Clinical Research in the Field of Burn Wound Healing. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi [Chinese Journal of Burns]*. 2008. Vol. 24, N 5. Pp. 359–361.
38. Monstrey S., Hoeksema H., Verbelen J. [et al.]. Assessment of burn depth and burn wound healing potential. *Burns*. 2008. Vol. 34, N 6. Pp. 761–769. DOI: 10.1016/j.burns.2008.01.009.

39. Nusbaum A.G., Gil J., Rippey M.K. [et al.]. Effective method to remove wound bacteria: comparison of various debridement modalities in an in vivo porcine model. *J. Surg. Research*. 2012. Vol. 176, N 2. Pp. 701–707. DOI: 10.1016/j.jss.2011.11.1040.
40. Parasca S.V., Calin M.A. [et al.]. Hyperspectral index-based metric for burn depth assessment. *Biomedical optics express*. 2018. Vol. 9, N 11. Pp. 5778–5791.
41. Rappl T. Hydrosurgery-System® in Burn Surgery—Indications and Applications. *Skin Grafts*. 2013. Pp. 1.
42. Shao F., Ren W.-J., Meng W.Z. [et al.]. Burn Wound Bacteriological Profiles, Patient Outcomes, and Tangential Excision Timing: A Prospective, Observational Study. *Ostomy Wound Manage*. 2018. Vol. 64, N 9. Pp. 28–36. DOI: 10.25270/owm.2018.9.2836.
43. Singer A.J., Toussaint J., Chung W.T. [et al.]. Early versus Delayed Excision and Grafting of Full-Thickness Burns in a Porcine Model: A Randomized Study. *Plast. Reconstr. Surg*. 2016. Vol. 137, N 6. Pp. 972e–979e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000002161.
44. Li R.S., Natesan S., Kowalczewski C. [et al.]. Advancements Regenerative Strategies Through the Continuum of Burn Care. *Front Pharmacol*. 2018. Vol. 9, Issue JUL. N article 672. DOI: 10.3389/fphar.2018.00672.
45. Song G., Jia J., Ma Y. [et al.]. Efficacies of treating large area third-degree burns by tangential excision and skin grafting for subcutaneous tissue wounds. *National Medical Journal of China*. 2014. Vol. 94, N 44. Pp. 3492–3496. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2014.44.010.
46. Tang W., Li X., Deng Z. [et al.]. Effects of unified surgical scheme for wounds on the treatment outcome of patients with extensive deep burn. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi [Chinese Journal of Burns]*. 2015. Vol. 31, N 4. Pp. 254–258. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2015.04.004.
47. Thatcher J.E., Li W. [et al.]. Multispectral and photoplethysmography optical imaging techniques identify important tissue characteristics in an animal model of tangential burn excision. *Journal of Burn Care & Research*. 2016. Vol. 37, N 1. Pp. 38–52.
48. Wurzer P., Keil H., Branski L.K. [et al.]. The use of skin substitutes and burn care—a survey. *J. Surg. Res*. 2016. Vol. 201, N 2. Pp. 293–298. DOI: 10.1016/j.jss.2015.10.048.
49. Zhou J.-J., Chen J., Shi J.-W., Su G.-L. Tangential excision of deep partial thickness burn wound during an early stage without tourniquet. *National Medical Journal of China*. 2011. Vol. 91, N 44. Pp. 3123–3126. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2011.44.08.
50. Zuo K.J., Medina A., Tredget E.E. Important developments in burn care. *Plast. Reconstr. Surg*. 2017. Vol. 139, N 1. P. 120e–138e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000002908.

Received 25.06.2020

For citing: Zinoviev E.V., Soloshenko V.V., Kourov A.S., Shapovalov S.G. K voprosu o tangentsial'noy nekrektomii v khirurgii ozhogov (obzor literatury). *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2020. N 3. Pp. 24–35. **(In Russ.)**

Zinoviev E.V., Soloshenko V.V., Kourov A.S., Shapovalov S.G. On the issue of tangential necrectomy in burn surgery (literature review). *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2020. N 3. Pp. 24–35. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-3-24-35