

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИК ПЬЕЗОХИРУРГИИ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОСТЕОПЕРФОРАЦИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДЕКОМПРЕССИИ ОРБИТЫ

© К.А. Коновалов<sup>1</sup>, Д.В. Давыдов<sup>2</sup>, В.Ю. Рошин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГКУ «1586 Военный клинический госпиталь» Минобороны России, Подольск;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», Москва;

<sup>3</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Д. Рогачёва» Минздрава России, Москва

Для цитирования: Коновалов К.А., Давыдов Д.В., Рошин В.Ю. Сравнительный анализ применения методик пьезохирургии и механической остеоперфорации при моделировании декомпрессии орбиты // Офтальмологические ведомости. — 2018. — Т. 11. — № 1. — С. 10–18. doi: 10.17816/OV11110-18

Поступила в редакцию: 29.01.2017

Принята к печати: 28.02.2018

✧ В настоящий момент предлагается большой выбор инструментов для хирургических вмешательств на костных структурах орбит. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Фреза наносит меньшую травму в сравнении с долотом или ультразвуковой пилой [15]. При использовании электродрели во время операции отмечалось повышение температуры костного края отверстия выше допустимых значений [17]. Применение низкочастотных ультразвуковых инструментов позволяет формировать отверстия в кости любого нужного размера и формы с ровными и гладкими краями [5, 11, 16, 20]. К недостаткам данной методики относится нагрев наконечника инструмента до 140° при длительной непрерывной работе [6]. Таким образом, методики с использованием инструментов для формирования «костного окна» требуют дальнейшего изучения и совершенствования. **Цель:** провести сравнение хирургического оборудования для формирования «костного окна» при моделировании декомпрессии орбиты. **Материалы и методы.** При экспериментальном исследовании *in vivo* 6 кроликам породы Шиншилла выполнили 12 оперативных вмешательств на лопаточной кости с обеих сторон. С правой стороны «костное окно» формировалось ультразвуковым костным скальпелем MISONIX, слева — бормашиной. **Результаты.** Было установлено, что в первые 7–21 сут воспаление мягких тканей с левой стороны было более выражено. А также отмечалась замедленная пролиферация и созревание волокнистой соединительной ткани по сравнению с противоположной стороной. Процессы воспаления и последующей регенерации костной ткани не имели существенных отличий с обеих сторон. Проведённый эксперимент показал, что использование ультразвукового скальпеля на плоских костях создаёт меньшее воспаление окружающих тканей и самой кости по сравнению с диодным лазером. А.В. Кравченко (2006) сообщает, что после воздействия диодного лазера в остром опыте определялся фестончатый край с зоной фотокарбонизации (обугливания) и на 7-е и 21-е сутки, использование же ультразвукового лазера не давало признаков инфильтрационного воспаления, в дальнейшем развивалось неспецифическое воспаление. **Выводы.** Ультразвуковой скальпель имеет ряд преимуществ при выполнении остеоперфораций, такие как экономия времени при хирургическом вмешательстве, контроль процесса выполнения остеотомии, меньшая травматизация окружающих тканей при работе и в раннем послеоперационном периоде, менее выраженная воспалительная реакция операционной раны.

✧ **Ключевые слова:** остеотомия; ультразвуковой скальпель; моделирование декомпрессии орбиты.

## A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE APPLICATION OF PIEZOELECTRIC SURGERY AND MECHANICAL OSTEOPERFORATION TECHNIQUES IN MODELING AN ORBITAL DECOMPRESSION

© К.А. Konovalov<sup>1</sup>, D.V. Davydov<sup>2</sup>, V.Y. Roshchin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Military Clinical Hospital, Podolsk, Russia;

<sup>2</sup>Russian University of Friendship of Peoples, Moscow, Russia;

<sup>3</sup>National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology named after D. Rogachev, Moscow, Russia

For citation: Konovalov KA, Davydov DV, Roshchin VY. A comparative analysis of the application of piezoelectric surgery and mechanical osteoperforation techniques in modeling an orbital decompression. *Ophthalmology Journal*. 2018;11(1):10-18. doi: 10.17816/OV11110-18

Received: 29.01.2018

Accepted: 28.02.2018

✧ Currently a wide range of instruments for surgical procedures on the bony structures of the orbits is offered. Each of them has its advantages and disadvantages. Cutter causes less injury, in comparison with a chisel or an ultrasonic saw [15]. In using a drill during surgery there was an increase in temperature of bone edge of the opening above acceptable values [17]. The use of low frequency ultrasonic tools allows you to create holes in the bones of any desired size and shape with smooth edges [5, 11, 16, 20]. The disadvantages of this method include the heating of tool's tip up to 140° during prolonged continuous action [6]. Thus, techniques using tools for formation of the bone window require further study and improvement.

**Aim:** to compare surgical equipment for bone window formation in modeling an orbital decompression.

**Materials and methods.** In an experimental study *in vivo*, 12 surgical interventions on the scapula on both sides were performed in 6 Chinchilla breed rabbits. On the right side, the formation of a bone window was carried out by the ultrasonic bone scalpel MISONIX, on the left side — by a drill. **Results.** It was found that during first 7-21 days there was more pronounced inflammation of soft tissues on the left side. At the same time, delayed proliferation and maturation of fibrous connective tissue was observed in comparison to the opposite side. Bone tissue inflammation and subsequent regeneration took place without significant differences on both sides. The experiment showed that the use of ultrasonic scalpel in flat bones creates less inflammation of surrounding tissues and the bone itself as compared to a diode laser. A.V. Kravchenko (2006) reports that, after exposure to a diode laser in an acute experiment there was a scalloped edge with an area of photocarbonization (charring) on the 7th and the 21st day; while the use of an ultrasonic scalpel did not create any signs of infiltrative inflammation, later on a nonspecific inflammation developed.

**Conclusion.** Ultrasonic scalpel has a number of advantages when performing osteoperforation, such as time-saving during surgical procedure, control of the osteotomy process, less trauma to surrounding tissues during action and less pronounced inflammatory response of the wound during early postoperative period.

✧ **Keywords:** osteotomy; ultrasonic scalpel; modeling of the orbital decompression.

## АКТУАЛЬНОСТЬ

В настоящий момент для хирургии на костных структурах орбиты используются следующие инструменты: долото [28, 33, 35], различные трепаны [26], бор [22, 25], дрель [36], механическая и электрическая фрезы [2, 4, 14, 15, 18].

Самый доступный и недорогой метод — это применение молотка и долота. Из недостатков данного метода ряд авторов отмечает болезненность для пациента и травматичность для окружающих тканей и самой кости, а также возможность возникновения отслойки сетчатки при близорукости и афакии [1, 9, 10].

Использование бора или костного выкусывателя пистолетного типа по Керрисону при формировании «костного окна» в орбите очень трудоёмкий и длительный процесс, и в результате формируется неровный костный край [3, 17].

Микрошейверный инструментарий для формирования «костного окна» позволяет выполнить оперативное вмешательство эндоназально с минимальной травмой и в полном объёме, аккуратно, быстро и точно удалить костную ткань под визуальным контролем [7, 12, 19, 23, 24].

Гистологическое исследование костей показало, что использование фрезы менее травматично в сравнении с долотом или ультразвуковой пилой.

При этом отсутствуют признаки выраженного первичного ожогового некроза контактирующих слоёв костной ткани и дистанционного повреждения сосудов, а также образуется достаточно ровная поверхность [15], что благоприятно влияет на процесс заживления и сокращает сроки выздоровления [21].

При воздействии механической фрезы в анализе экспериментальных и клинических результатов отмечалась высокая эффективность вмешательств в отдалённые сроки наблюдения (83–88 % положительных результатов) [30, 31]. Тем не менее за счёт трения при использовании электродрели в процессе операции регистрировались данные о повышении температуры костного края отверстия выше допустимых значений [17].

Низкочастотные ультразвуковые инструменты позволяют формировать отверстия в кости нужного размера и формы с ровными и гладкими краями даже в «плавающих» фрагментах кости при сочетанных повреждениях костей лица, при этом авторы отмечают малую травматичность и удобство применения, возможность одновременно устранения синехий и рубцовой ткани [5, 11, 16, 20].

К недостаткам данной методики относится нагрев наконечника инструмента до 140° при дли-

тельной непрерывной работе, которое может привести к обугливанию края кости в месте разреза и в последующем замедлить процесс заживления. Поэтому в процессе работы необходимо каждые 20–30 с охлаждать наконечник инструмента в стерильном физиологическом растворе, что требует дополнительного времени [6]. При использовании ультразвука чаще возникает кровотечение в послеоперационном периоде в сравнении с радиоволновым и гольдмий-лазерным воздействием [8, 35].

По данным Д.А. Боброва и В.С. Козлова [7], использование различных инструментов при механической травме кости и мягких тканей приводит к выпадению фибрина, послеоперационному воспалению, формированию грануляций и рубцеванию.

В 2004 г. T. Vercellotti описал новую методику остеотомии с применением нового ультразвукового хирургического аппарата, указывая, что этот метод был разработан с целью достижения значительной точности и безопасности по сравнению с ручными и моторизированными инструментами при костной хирургии [34].

F. Heinemann et al. отметили повышение температуры при работе ультразвуковым ножом по сравнению с бормашиной и пьезоэлектрическим аппаратом, но не один из приборов при гистологическом исследовании костной матрицы, прилегающей к краю раны, не нарушил структуру остеоцитов [29].

В 2016 г. С. Stacchi et al. опубликовали исследование, в котором провели микроморфометрический анализ костных блоков, собранных с помощью восьми различных ультразвуковых и звуковых устройств для костной хирургии. В результате исследования был сделан вывод, что ни одно ультразвуковое и звуковое устройство не сочетало в себе все лучшие функции —

скорость, точность и сохранение микроархитектуры [32].

С.Н. Czyz et al. для хирургии на стенках орбиты предлагают использовать аппарат Piezosurgery — это современное высокотехнологичное многофункциональное устройство с пьезоэлектрическим эффектом, генерирующее ультразвуковые колебания при операциях на костной ткани с минимальным риском пореза и повреждения мягких тканей [27].

Таким образом, методики с применением инструментов для формирования «костного окна», дозированного и контролируемого удаления костной ткани с минимальной травматизацией требуют дальнейшего изучения и совершенствования.

*Цель:* провести сравнительный анализ морфологического ответа и времени оперативного вмешательства при использовании ультразвукового скальпеля и бормашины для выполнения остеоперфораций.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При экспериментальном исследовании *in vivo* выполнили 12 оперативных вмешательств на 6 кроликах породы Шиншилла массой от 3,0 до 3,5 кг в возрасте от 4 до 5 месяцев. Все животные до и во время эксперимента содержались в стандартных условиях вивария.

В условиях операционной кроликам выполнили одномоментную остеоперфорацию лопаточной кости с обеих сторон. С правой стороны на кость воздействовали ультразвуковым костным скальпелем Misonix (рис. 1), слева — бормашиной (рис. 2).

Место формирования «костного окна» определено на основании изучения анатомии костей скелета кролика. Лопаточная кость доступна для выполнения оперативного вмешательства и топографически далека от витальных центров организма.



Рис. 1. Ультразвуковой скальпель Misonix BoneScalpel  
Fig. 1. Ultrasonic scalpel Misonix BoneScalpel



Рис. 2. Бормашина Marathon Handy ECO 1000  
Fig. 2. Drill Marathon Handy ECO 1000 drill

Животных к оперативному вмешательству готовили по одной схеме. За 30 минут до операции осуществляли премедикацию: внутримышечно вводили 0,1 % раствор мепробитал — 15 мкг/кг и 5 % раствор трамадола — 2 мкг/кг. Индукцию анестезии проводили раствором изофлюрана МАК 3–5 %, поддерживали раствором изофлюрана МАК 2 % и тилетамин 2,5 мг/кг/ч, инфузию — кристаллоидами 5 мл/кг/ч. Операционное поле обрабатывали по стандартной методике. После проведения местной инфильтрационной анестезии 2 % раствором новокаина по 2 мл с каждой стороны выполнили линейный разрез кожи длиной 20 мм в зоне проекции тела лопатки перпендикулярно ходу лопаточной ости.

После разреза кожи мягкие ткани тупо разъединяли по ходу мышечных волокон с помощью ножниц. Устанавливали ранорасширитель. Поверхность кости очищали распатором. Затем в лопаточной кости выполняли сквозную перфорацию квадратной формы со стороной 1 см. С правой стороны перфорацию осуществляли с помощью ультразвукового костного скальпеля фирмы Misonix BoneScalpel (опытная сторона). Костный скальпель Misonix BoneScalpel — ультразвуковой хирургический прибор для остеотомии. С ультразвукового генератора на рукоятку BoneScalpel поступает электрический сигнал номинальной частотой 22,5 кГц, как заявлено в паспорте к прибору. С помощью пьезоэлектрического преобразователя этот сигнал преобразуется в механические колебания. В работе мы использовали импульсный ультразвук с мощностью 50 %. Затупленное лезвие совершало возвратно-поступательные микродвижения в продольном направлении, что позволяло смещаться лезвию на 125 мкм при заданных параметрах ультразвука. Для охлаждения лезвия применяется ирригационный поток физиологического раствора, проходящий сквозь лезвие. В нашем случае скорость потока составляла 26 мл в минуту (40 %).

Вырезанный участок костной ткани, удалённый непосредственно после воздействия (острый опыт), был рыхло связан с подлежащими мягкими тканями и свободно отделялся от них с помощью пинцета, был фиксирован в 10 % растворе формалина и исследован на светооптическом уровне.

В качестве контроля служила левая лопатка этого же животного, в которой «костное окно» формировали с помощью бормашины Marathon Handy ECO 1000. Бормашинка Marathon Handy

ECO 1000 (фирма Saeyang Microtech) — универсальный аппарат, необходимые параметры выставляются на приборной панели, скорость вращения бора регулируется с помощью педали. Максимальное количество оборотов — до 40000 об/мин. Для остеоперфорации частоту вращения дрели устанавливали на 10000 об/мин. Скорость вращения наконечника выставляли на панели управления бормашиной. Включали устройство при надавливании ногой на педаль. Применяли функцию вращения по часовой стрелке.

Раны послойно ушивали. Послеоперационную обработку ран выполняли с помощью «алюминиевого спрея», внутримышечно вводили антибиотик (байтрил 2,5 % 1,0).

Кожные швы всем кроликам снимали на 6-е сутки после операции. Послеоперационное течение у экспериментальных животных оценивалось по общему состоянию и по реакции мягких тканей со стороны операционной раны.

Всех животных распределили на три группы — по двое животных в каждой, в зависимости от срока выведения из опыта, которые определялись в соответствии с фазами течения раневого процесса и регенерации костной ткани: через 7, 21, 60 дней:

1-я группа — на 7-й день после операции;

2-я группа — на 21-й день;

3-я группа — на 60-й день.

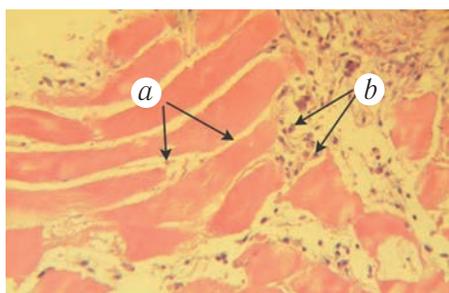
Материал для морфологического исследования в области оперативного вмешательства забирали в процессе эксперимента или в сроки выведения кроликов из опыта. Для этого иссекали область костного отверстия с окружающими её мягкими тканями и материал фиксировали в 10 % растворе нейтрального формалина.

Блок препаратов формировали стандартным способом. Срезы выполняли с помощью трепана толщиной 5–8 мкм по ходу остеотомического канала. Микропрепараты окрашивали гематоксилином и эозином. Далее проводили световую микроскопию с последующим фотографированием в цифровом формате JPEG с увеличением  $\times 200$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

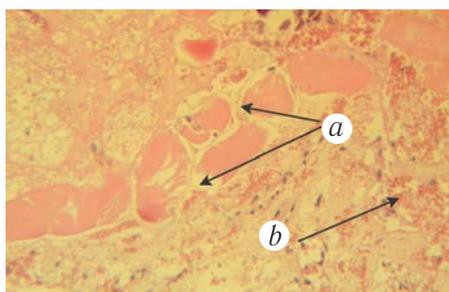
Все кролики перенесли оперативное вмешательство удовлетворительно. Послеоперационных осложнений не отмечалось.

В результате эксперимента получили следующие результаты: среднее время оперативного вмешательства с использованием ультразвукового скальпеля Misonix BoneScalpel составило



**Рис. 3.** Микропрепарат правой лопатки кролика, острый эксперимент: *a* — перимизиальный отёк; *b* — лейкоцитарная инфильтрация

**Fig. 3.** Histological preparation of the right scapula of a rabbit, acute experiment: *a* — perimysial edema; *b* — leukocytic infiltration



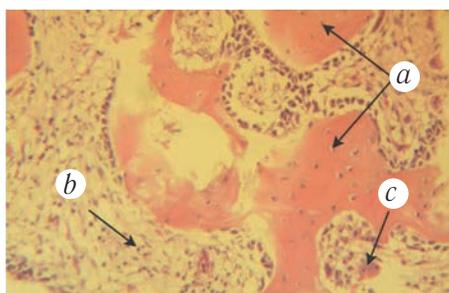
**Рис. 4.** Микропрепарат левой лопатки кролика, острый эксперимент: *a* — перимизиальный отёк; *b* — кровоизлияния

**Fig. 4.** Histological preparation of the left scapula of a rabbit, an acute experiment: *a* — perimysial edema; *b* — hemorrhages



**Рис. 5.** Микропрепарат правой лопатки кролика на 7-е сутки после операции: *a* — продуктивное воспаление

**Fig. 5.** Histological preparation of the right scapula of a rabbit on the 7th day after surgery: *a* — productive inflammation



**Рис. 6.** Микропрепарат правой лопатки кролика на 7-е сутки после операции: *a* — незрелые костные балки; *b* — клетки продуктивного воспаления; *c* — остеокласт

**Fig. 6.** Histological preparation of the right scapula of a rabbit on the 7th day after surgery: *a* — immature bone beams; *b* — cells of productive inflammation; *c* — osteoclast

Таблица 1

Сравнительная характеристика продолжительности оперативных вмешательств

Table 1

Comparative characteristic of the duration of surgical interventions

Номер операции	Время операции, мин	
	ультразвуковой скальпель Misonix BoneScalpel	бормашина Marathon Handy ECO 1000
1	15	17
2	13	16
3	12	16
4	10	14
5	11	15
6	10	13
Среднее время	12	15

12 минут, при помощи бормашины Marathon Handy ECO 1000 — 15 минут (табл. 1).

На макропрепаратах на 7-е сутки сохранялись незначительная гиперемия и отёк краёв послеоперационной раны соответственно перенесённой операции. Раны заживали первичным натяжением, без нагноения. К 21-м и 60-м суткам отёка и гиперемии не отмечалось.

В стеклопрепаратах из тканей, полученных из операционных ран справа, определялись скелетная мышца и кортикальная пластинка с надкостницей. Мышца — с минимальными перимизиальным отёком и сохранной структурой строения. Надкостница — с отёком и скудной лейкоцитарной инфильтрацией. Костные балки частично разрушены без пролиферации периоста (рис. 3).

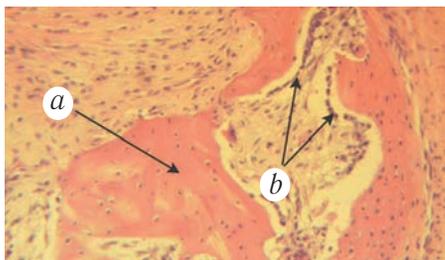
Слева — препарат скелетной мышцы и кортикальной пластинки с надкостницей. По сравнению с правой стороной отёк в мышце более выражен, отмечаются очаги кровоизлияний. Со стороны кости и надкостницы без изменений (рис. 4).

На 7-е сутки после операции справа отмечалось разволокнение мышцы за счёт пролиферации рыхлой волокнистой соединительной ткани, последняя дезорганизована и представлена полями незрелых фибробластов. Просматривались очаги продуктивного негранулёматозного воспаления. Отмечались мелкий участок кости с признаками активного реактивного остеогенеза с активной пролиферацией остеобластов и формирование незрелых костных балок. Вокруг неоостеогенеза также визуализировались мелкие воспалительные инфильтраты продуктивного негранулёматозного характера, гигантские многоядерные остеокласты (рис. 5, 6).

Слева препараты содержали только мышцы, последняя с некрозами, кровоизлияниями, скоплениями гемосидерина и перифокальным воспалением из сегментоядерных лейкоцитов, отмечался выраженный перимизиальный отёк, что явилось результатом более выраженных травматических изменений по сравнению с правой стороной (рис. 7).

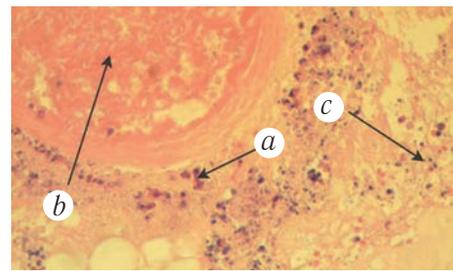
На 21-сутки справа по сравнению с 7-ми сутками отёк в мышце практически исчез, отмечались признаки созревания волокнистой соединительной ткани: клетки располагались более упорядоченно, формируя тяжи и пучки, количество коллагена незначительно увеличилось, собственно фибробласты стали более вытянутыми с мотоморфными овоидными ядрами и менее очерченной цитоплазмой. Количество и объём воспалительных инфильтратов снизился, отмечалось увеличение гигантских многоядерных остеокластов в зонах воспаления. Со стороны костной ткани — признаки формирования костной мозоли, среди незрелых костных балок наблюдался гиалиновый хрящ с энхондральной оссификацией по периферии. По-прежнему была выражена остеобластическая реакция, однако количество и величина вновь образованных костных балок выросли (рис. 8).

Слева на 21-е сутки в мышцах соединительная ткань была немного более зрелая, чем справа. Кроме того, просматривались включения кальцинатов, скопления гемосидерина и воспалительные инфильтраты, которые были более выражены рядом с костью и плотнее, чем справа. Клеточный состав инфильтрата имел различия по сравнению с правой стороной, здесь преобладали гистиоциты и лейкоциты (с противоположной стороны они практически отсутствовали), что свидетельствует о более остром течении



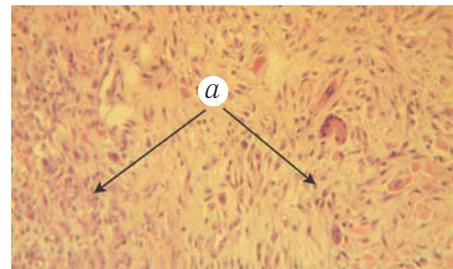
**Рис. 11.** Микропрепарат левой лопатки кролика на 60-е сутки после операции: *a* — равномерная кальцификация костных балок; *b* — минимальная остеобластическая реакция

**Fig. 11.** Histological preparation of the left scapula of a rabbit at 60 days after surgery: *a* — uniform calcification of bone trabecula; *b* — minimal osteoblastic reaction



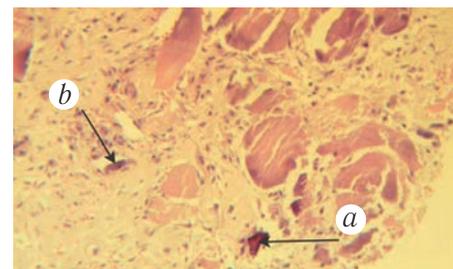
**Рис. 7.** Микропрепарат левой лопатки кролика на 7-е сутки после операции: *a* — лейкоциты; *b* — некроз; *c* — гемосидерин

**Fig. 7.** Histological preparation of the left scapula of a rabbit on the 7th day after surgery: *a* — leucocytes; *b* — necrosis; *c* — hemosiderin



**Рис. 8.** Микропрепарат правой лопатки кролика на 21-е сутки после операции: *a* — созревание соединительной ткани

**Fig. 8.** Histological preparation of the right scapula of a rabbit on the 21st day after surgery: *a* — maturation of connective tissue



**Рис. 9.** Микропрепарат левой лопатки кролика на 21-е сутки после операции: *a* — кальцинаты; *b* — лейкоциты

**Fig. 9.** Histological preparation of the left scapula of a rabbit on the 21st day after surgery: *a* — calcification; *b* — leukocytes



**Рис. 10.** Микропрепарат правой лопатки кролика на 60-е сутки после операции: *a* — равномерная кальцификация костных балок; *b* — минимальная остеобластическая реакция

**Fig. 10.** Histological preparation of the right scapula of a rabbit at 60 days after surgery: *a* — uniform calcification of trabecula; *b* — minimal osteoblastic reaction

воспалительного процесса. В мягких тканях визуализировались кальцинаты и мелкие отломки костных балок, последние сюда были занесены при перфорации. Костная ткань представлена мелким фрагментом предсуществующей кортикальной пластинки без реактивных изменений, поэтому здесь костную реакцию не оценивали (рис. 9).

На 60-е сутки справа и слева картина была одинаковой. Межмышечная соединительная ткань полностью созрела, фибробласты — мономорфные, вытянутой или волнистой формы — формировали чёткие пучки, коллаген между ними распределён равномерно. Воспалительные инфильтраты нивелировались, встречались немногочисленные гемосидерофаги. Со стороны костей практически полностью исчезла остеобластическая реакция, отмечалась равномерная кальцификация костных балок, однако последние не ламеллярные, что говорит о том, что это вновь образованная кость (рис. 10, 11).

## ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Исследования и сравнительная оценка серии гистологических препаратов правой и левой лопатки кроликов после остеоперфораций ультразвуковым скальпелем и бормашиной позволили зафиксировать более выраженное воспаление мягких тканей с левой стороны в первые 7–21 сут, что проявилось более выраженным отёком, плотной инфильтрацией и отложениями гемосидерина. Кроме того, отмечались замедленная пролиферация и созревание волокнистой соединительной ткани по сравнению с противоположной стороной.

Относительно костной ткани процессы воспаления и последующей регенерации проходили без существенных отличий с обеих сторон. На выходе из опыта произошло равномерное формирование незрелых костных балок с сопоставимыми характеристиками с обеих сторон (толщина, минерализация, степень зрелость и структурность).

Эксперимент показал, что использовать ультразвуковой скальпель на плоских костях удобно и безопасно. Он создаёт меньшее воспаление окружающих тканей и самой кости. А.В. Кравченко (2006) сравнивал ультразвуковой скальпель с диодным лазером, после воздействия последнего в остром опыте определялся фестончатый край с зоной фотокарбонизации (обугливания). Использование же ульт-

развукового скальпеля не давало признаков инфильтрационного воспаления в остром опыте, в дальнейшем развивалось неспецифическое воспаление.

## ВЫВОДЫ

Проведённый эксперимент позволяет утверждать, что ультразвуковой скальпель имеет ряд преимуществ при остеоперфорациях:

1. При выполнении остеоперфорации требуется меньше времени для формирования отверстия.
2. Процесс остеоперфорации легче контролируется как визуально (нет облака костной пыли), так и мануально (легче отследить формирование разреза).
3. При использовании ультразвукового скальпеля меньше травмируются и не наматываются на рукоятку окружающие мягкие ткани.
4. Края отверстия в кости получаются более ровные и не отмечается сколов костей.
5. В раннем послеоперационном периоде наблюдается менее выраженный воспалительный процесс.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдурахманов Г.А., Белоглазов В.Г. Эндоназальный подход с использованием микроэндоскопической техники в хирургическом лечении непроходимости слёзоотводящих путей // Современные методы диагностики и лечения заболеваний слёзных органов: Сб. науч. статей. — М., 2005. — С. 9–12. [Abdurakhmanov GA, Beloglazov VG. Endonazal'nyy podkhod s ispol'zovaniem mikroendoskopicheskoy tekhniki v khirurgicheskom lechenii neprokhodimosti slezootvodyashchikh putey. In: Sovremennyye metody diagnostiki i lecheniya zabolevaniy sleznykh organov. Moscow; 2005. P. 9-12. (In Russ.)]
2. Авербух С.Л. Ручная фреза для просверливания костей слёзной ямки // Офтальмол. журн. — 1960. — № 4. — С. 241. [Averbukh SL. Ruchnaya freza dlya prosverlivaniya kostey sleznoy yamki. *Oftal'mol zhurn.* 1960;(4):241. (In Russ.)]
3. Алиев Г.Д., Исмаилов М.И., Гаджиев С.С., и др. Модифицированные устройства для формирования костного отверстия при наружной дакриоцисториностомии // Современные методы диагностики и лечения заболеваний слёзных органов: Сб. науч. статей. — М., 2005. — С. 37–39. [Aliiev GD, Ismailov MI, Gadzhiev SS, et al. Modifitsirovannyye ustroystva dlya formirovaniya kostnogo otverstiya pri naruzhnoy dakriotsistorinostomii. In: Sovremennyye metody diagnostiki i lecheniya zabolevaniy sleznykh organov. Moscow; 2005. P. 37-39. (In Russ.)]
4. Байдо Е.Н. Клинические и функциональные параллели при эндоназальной дакриоцисториностомии: Дис. ... канд. мед. наук. — М., 1977. [Baydo EN. Klinicheskie i funktsional'nyye paralleli pri endonazal'noy dakriotsistorinostomii [dissertation]. Moscow; 1977. (In Russ.)]

5. Белоглазов В.Г. Внутриносовой способ операции слезоотводящих путей ультразвуковыми инструментариями // Вестник оториноларингологии. – 1978. – № 5. – С. 44–47. [Beloglazov VG. Vnutrinosovoy sposob operatsii slezootvodyashchikh putey ul'trazvukovymi instrumentariyami. *Vestnik otorinolaringologii*. 1978;(5):44-47. (In Russ.)]
6. Белоглазов В.Г., Атькова Е.Л., Голямина И.П. Тридцатидвухлетний опыт применения ультразвуковой хирургической аппаратуры в дакриологии // Современные методы диагностики и лечения заболеваний слёзных органов: Сб. науч. статей. – М., 2005. – С. 57–60. [Beloglazov VG, At'kova EL, Golyamina IP. Tridtsatidvukhletniy opyt primeneniya ul'trazvukovoy khirurgicheskoy apparatury v dakriologii. In: *Sovremennye metody diagnostiki i lecheniya zabolevaniy sleznykh organov*. Moscow; 2005. P. 57-60. (In Russ.)]
7. Бобров Д.А., Козлов В.С. Применение микрошейвера в современной эндоназальной хирургии слёзного мешка // Современные методы диагностики и лечения заболеваний слёзных органов: Сб. науч. статей. – М., 2005. – С. 83–87. [Bobrov DA, Kozlov BC. Primenenie mikrosheyvera v sovremennoy endonazal'noy khirurgii sleznogo meshka. In: *Sovremennye metody diagnostiki i lecheniya zabolevaniy sleznykh organov*. Moscow; 2005. P. 83-87. (In Russ.)]
8. Давыдов Д.В., Кравченко А.В., Юсипова Э.Р. Эндовидеоассистированное биканаликулярное стентирование слёзных путей при микроинвазивной дакриоцисториностомии // Российская ринология. – 2004. – № 4. – С. 16–18. [Davydov DV, Kravchenko AV, Yusipova ER. Endovideoassistirovannoe bikanalikulyarnos stentirovanie sleznykh putey pri mikroinvazivnoy dakriotsistorinostomii. *Rossiyskaya rinologiya*. 2004;(4):16-18. (In Russ.)]
9. Киршман Я.С. К технике образования соустья между слёзным мешком и носом: Сб. науч. тр., посвящённый 40-летию научной деятельности проф. Авербаха. – М., 1935. – С. 120–122. [Kirshman YaS. K tekhnike obrazovaniya soust'ya mezhdu sleznym meshkom i nosom. Sb. nauch. tr., posvyashchenny 40-letiyu nauchnoy deyatel'nosti prof. Averbakha. Moscow; 1935. P. 120-122. (In Russ.)]
10. Колесникова Л.Н., Пескова Э.А. Новая модификация формирования соустья при дакриоцисториностомии // Вестник офтальмологии. – 1997. – Т. 103. – № 1. – С. 25–27. [Kolesnikova LN, Peskova EA. Novaya modifikatsiya formirovaniya soust'ya pri dakriotsistorinostomii. *Vestnik oftalmologii*. 1997;103(1):25-27. (In Russ.)]
11. Краснов М.М., Голямина И.П., Танеева И.П., и др. О принципах и возможностях применения низкочастотного ультразвука в офтальмохирургии // Вестник офтальмологии. – 1969. – № 5. – С. 20–26. [Krasnov MM, Golyamina IP, Taneeva IP, et al. O printsipakh i vozmozhnostyakh primeneniya nizkochastotnogo ul'trazvuka v oftalmokhirurgii. *Vestnik oftalmologii*. 1969;(5):20-26. (In Russ.)]
12. Красножён В.Н. Клинико-диагностические принципы эндоназальной хирургии воспалительной патологии носа и околоносовых пазух: Дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2001. – С. 128–134. [Krasnozhen VN. Kliniko-diagnosticheskie printsipy endonazal'noy khirurgii vospalitel'noy patologiy nosa i okolonosovykh pazukh [dissertation]. Moscow; 2001. P. 128-134. (In Russ.)]
13. Лейзерман М.Г. Применение новых технологий в ЛОР-хирургии: Дис. ... д-ра мед. наук. – М., 1999. – 194 с. [Leyzerman MG. Primenenie novykh tekhnologiy v LOR-khirurgii [dissertation]. Moscow; 1999. 194 s. (In Russ.)]
14. Лучик В.И. Электротрепан для дакриоцисториностомии с подвижной защитной муфтой и управляемым режимом работы // Офтальмологический журнал. – 1978. – № 5. – С. 371. [Luchik VI. Elektrotrepan dlya dakriotsistorinostomii s podvizhnoy zashchitnoy muftoy i upravlyаемym rezhimom raboty. *Oftalmologicheskyy zhurnal*. 1978;(5):371. (In Russ.)]
15. Люткевич В.Г. Способ эндоназальной дакриоцисториностомии с использованием электрофрезы: Дис. ... канд. мед. наук. – М., 1994. – С. 67–71. [Lyutkevich VG. Sposob endonazal'noy dakriotsistorinostomii s ispol'zovaniem elektrofrezy [dissertation]. Moscow; 1994. P. 67-71. (In Russ.)]
16. Максименко А.Н. Дакриоцисториностомия ультразвуковым ножом // Здравоохранение Туркменистана. – 1991. – С. 56–57. [Maksimenko AN. Dakriotsistorinostomiya ul'trazvukovym nozhom. *Zdravookhranenie Turkmenistana*. 1991:56-57. (In Russ.)]
17. Малиновский Г.Ф. Хирургическое лечение больших хроническими дакриоцистититами с использованием дозирующего устройства и микрохирургической техники: Дис. ... канд. мед. наук. – Минск, 1991. – 152 с. [Malinovskiy GF. Khirurgicheskoe lechenie bol'nykh khronicheskimi dakriotsistitami s ispol'zovaniem doziryushchego ustroystva i mikrokhirurgicheskoy tekhniki [dissertation]. – Minsk; 1991. 152 p. (In Russ.)]
18. Моторный В.В., Камполе П.А. Электрофреза для дакриоцисториностомии // Здравоохранение Белоруссии. – 1977. – № 6. – С. 81–82. [Motornyy VV, Kampole PA. Elektrofreza dlya dakriotsistorinostomii. *Zdravookhranenie Belorussii*. 1977;(6):81-82. (In Russ.)]
19. Ободов В.А., Солощенко А.П. Варианты дакриоцисториностомии с эндоскопическим контролем // Современные методы диагностики и лечения заболеваний слёзных органов: Сб. науч. статей. – М., 2005. – С. 226–230. [Obodov VA, Soloshchenko AP. Varianty dakriotsistorinostomii s endoskopicheskim kontrolem. In: *Sovremennye metody diagnostiki i lecheniya zabolevaniy sleznykh organov*. Moscow; 2005. P. 226-230. (In Russ.)]
20. Субботина И.Н. Влияние низкочастотного ультразвука на ткани глаза и возможности его применения в офтальмохирургии: Дис. ... канд. мед. наук. – М., 1971. [Subbotina IN. Vliyanie nizkochastotnogo ul'trazvuka na tkani glaza i vozmozhnosti ego primeneniya v oftalmokhirurgii [dissertation]. Moscow; 1971. (In Russ.)]
21. Чиненов И.М., Лебедева О.С., Белоглазов В.Г. Эндоназальная дакриоцисториностомия у детей с нарушением слезоотведения // Современные методы диагностики и лечения заболеваний слёзных органов: Сб. науч. статей. – М., 2005. – С. 302–308.

- [Chinenov IM, Lebedeva OS, Beloglazov VG. Endonazal'naya dakriostistorinostomiya u detey s narusheniem slezootvedeniya. In: *Sovremennye metody diagnostiki i lecheniya zabolevaniy sleznykh organov*. Moscow; 2005. P. 302-308. (In Russ.)]
22. Шахмалов Ш.А., Белоглазов В.Г. Дакриоциститы. — Махачкала, 1969. — С. 149. [Shakhmalov ShA, Beloglazov VG. Dakriostistity. Makhachkala; 1969. P. 149. (In Russ.)]
  23. Шелудченко Т.П., Лопатин А.С. Наш опыт эндоназальной эндоскопической дакриоцисториностомии // *Современные методы диагностики и лечения заболеваний слёзных органов: Сб. науч. статей.* — М., 2005. — С. 312–315. [Sheludchenko TP, Lopatin AS. Nash opyt endonazal'noy endoskopicheskoy dakriostistorinostomii. In: *Sovremennye metody diagnostiki i lecheniya zabolevaniy sleznykh organov*. Moscow; 2005. P. 312-315. (In Russ.)]
  24. Шилов М.В. Возможности эндоскопической ринохирургии в лечении посттравматических дакриостенозов // *Современные методы диагностики и лечения заболеваний слёзных органов: Сб. науч. статей.* — М., 2005. — С. 315–318. [Shilov MV. Vozmozhnosti endoskopicheskoy rinokhirurgii v lechenii posttravmaticheskikh dakriostenozov. In: *Sovremennye metody diagnostiki i lecheniya zabolevaniy sleznykh organov*. Moscow; 2005. P. 315-318. (In Russ.)]
  25. Шубин М.Н. Значение эндомикрохирургических методов в диагностике и лечении патологии полости носа, околоносовых пазух и пограничных анатомических областей: Дис. ... канд. мед. наук. — М., 2003. — С. 46–47. [Shubin M.N. Znachenie endomikrokhirurgicheskikh metodov v diagnostike i lechenii patologii polosti nosa, okolonosovykh pazukh i pgranichnykh anatomicheskikh oblastey [dissertation]. Moscow; 2003. P. 46-47. (In Russ.)]
  26. Arruga H. Über eine Verbesserung der Totischen operation. *Klin Monatsbl f Augenh.* 1928;81(2):80.
  27. Czyz CN, Fowler AM, Dutton JJ, et al. Piezosurgery in External Dacryocystorhinostomy. *Ophthalmic Plastic & Reconstructive Surgery.* 2017;33(1):69-71. doi: 10.1097/IOP.0000000000000796.
  28. Halle D. Intranasale Tränensackoperation bei einen Sangling von Monaten zur Entfernung Hineigeigelittenen Daursonde. Die Internasalie. Tränensackoperation und ihre Erfolge. *Berl KI Woch.* 1918;11-14.
  29. Heinemann F, Hasan I, Kunert-Keil C, et al. Experimental and histological investigations of the bone using two different oscillating osteotomy techniques compared with conventional rotary osteotomy. *Ann Anat.* 2012;194(2):165-170. doi: 10.1016/j.aanat.2011.10.005.
  30. Malhotra R, Wright M, Olver JM. A consideration of the time taken to do dacryocystorhinostomy (DCR) surgery. *Eye.* 2003;17(6):691-696. doi: 10.1038/sj.eye.6700470.
  31. Moore WM, Bentley CR, Olver JM. Functional and anatomic results after two types of endoscopic endonasal dacryocystorhinostomy: surgical and holmium laser. *Ophthalmology.* 2002;109(8):1575-82. doi: 10.1016/S0161-6420(02)01114-4.
  32. Stacchi C, Berton F, Turco G, et al. Micromorphometric analysis of bone blocks harvested with eight different ultrasonic and sonic devices for osseous surgery. *J Craniomaxillofac Surg.* 2016;44(9):1143-1151. doi: 10.1016/j.jcms.2016.04.024.
  33. Toti E. Dacryo-cystorhinostomia. *Clin Med Firenze.* 1904;(10):383-385.
  34. Vercellotti T. Technological characteristics and clinical innovations of piezoelectric bone surgery. *Minerva Stomatol.* 2004;53(5):207-214.
  35. West JM. A window resection of the nasal duct in cases of stenosis. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1924;12:654-658.
  36. Wong RJ, Gliklich RE, Rubin RA, et al. Bilateral nasolacrimal duct obstruction managed with endoscopic technique. *Arch Otorinolaryngol Head Neck Surg.* 1988;124:703-706.

#### Сведения об авторах

**Константин Андреевич Коновалов** — начальник офтальмологического отделения. ФГКУ «1586 Военный клинический госпиталь» Минобороны России, Подольск. E-mail: kkonovalov82@mail.ru.

**Дмитрий Викторович Давыдов** — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой пластической хирургии с курсом офтальмологии. ФГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», Москва. E-mail: davydovdv@gmail.com.

**Виталий Юрьевич Рошин** — врач-патологоанатом. ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Д. Рогачёва» Минздрава России, Москва. E-mail: davydovdv@gmail.com.

#### Information about the authors

**Konstantin A. Konovalov** — Head of the Ophthalmological Department. 1586 Military Clinical Hospital, Ministry of Defense of Russia, Podolsk, Russia. E-mail: kkonovalov82@mail.ru.

**Dmitriy V. Davydov** — Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Department of Plastic Surgery with the Course of Ophthalmology. Russian University of Friendship of Peoples, Moscow, Russia. E-mail: davydovdv@gmail.com.

**Vitaliy Yu. Roshchin** — doctor-pathologist. National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology named after D. Rogachev, Moscow, Russia. E-mail: davydovdv@gmail.com.