

E.B.SILVERMAN, DVM, MBA, **R.W.READ**, DVM, PhD, **C.R.BOYLE**, PhD,
R.COOPER, DVM, MS, Diplomate ACVS, **W.W.MILLER**, DVM, MS, Diplomate ACVO,
R.M.McLAUGHLIN, DVM, DVSc, Diplomate ACVS
Факультет клинических наук и патобиологии, Колледж ветеринарной медицины,
Университет штата Миссисипи

ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ БИОПСИЙ КОЖИ СОБАК, СОБРАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОНОПОЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОХИРУРГИИ, ЛАЗЕРА CO₂, РАДИОВОЛНОВОЙ РАДИОХИРУРГИИ, ПРОБОЙНИКА ДЛЯ БИОПСИИ КОЖИ И СКАЛЬПЕЛЯ

В журн.: Ветеринарная хирургия (Veterinary Surgery), 36:50-56, 2007

ВСТУПЛЕНИЕ

У ветеринаров есть большой выбор для взятия биопсий кожи. Традиционное использование скальпеля было заменено в некоторых ветеринарных практиках технологиями, которые используют разные формы энергии для разреза ткани, а именно электрохирургические, лазерные и высокочастотные радиохирургические устройства. Электрохирургия создает тепло в ткани путем прохождения электрического тока через ткани пациента между двумя точками контакта (например, частью руки и заземлением). Сопротивление электрическому току в ткани производит тепло изнутри. У точек контакта устройства температура не увеличивается (кроме как путем передачи тепла из ткани). Электрохирургия обеспечивает более контролируемую обработку с меньшим латеральным термическим повреждением ткани, чем электроприжигание.

Принцип работы лазеров – фотостимуляция. Это процесс, посредством которого световая энергия селективно осаждается в специфической оптической зоне, и происходят фотохимические, фототермические и фотомеханические воздействия на ткани. Энергия CO₂-лазера селективно поглощается водой. Так как световая энергия CO₂-лазера поглощается внутриклеточными и внеклеточными молекулами воды, то выделяется тепло, приводя к абляции и испарению ткани.

Высокочастотная радиохирургическая технология доставляет низкотемпературную, высокочастотную (4 МГц) радиоволновую энергию к тканям через металлический кончик активного электрода. Радиоволна проходит от активного электрода, находящегося в руке хирурга, к пассивному электроду, расположенному очень близко или под пациентом. Сопротивление ткани пропусканию радиоволны вызывает возбуждение ионов в клетках у кончика активного электрода, приводя к трению молекул и последующему нагреванию ткани. Таким образом, источником выделяющегося тепла является трение молекул в тканях, а не сам активный электрод. Факторы, увеличивающие точность рассечения ткани с помощью высокочастотной радиохирургии, и при этом сводящие к минимуму латеральное термическое повреждение ткани, включают в себя: ограничение времени контакта активного электрода с тканями, интенсивность мощности, форму волны и частоту радиоволны. Одним из ощутимых преимуществ технологий рассечения ткани путем выделения тепла является гемостаз при разрезе, который происходит в основном из-за превращения выделяющейся энергии в тепловую энергию, что и приводит к коагуляции ткани. С любым устройством, которое создает тепловую энергию для разреза или удаления ткани, тепло может рассеиваться диффузией в соседние ткани (проводимость), в окружающую среду (конвекция) или в циркулирующую кровь. Получающееся в результате латеральное термическое повреждение тканей может привести к замедленному заживлению и повышенному риску расхождения краев раны. Это явление может вредно влиять на гистологическое качество ткани, представленной для микроскопической оценки, ухудшать интерпретацию гистологического диагноза и делать неполноценной оценку краев биопсии злокачественной ткани.

Ранее проведенные исследования оценивали действия CO₂-лазера на гистологическое качество вырезанных тканей у собак и людей. Также сообщалось, что высокочастотная радиохирургическая технология вызывает минимальное повреждение ткани языка человека и мягкого неба, мягкого неба собаки, фаллопиевой трубы человека и человеческой кожи. Несмотря на то, что эта технология имеется у ветеринаров в течение уже многих лет, мы не знаем о каких-либо данных, сообщающих о пригодности высокочастотной радиохирουργии для вырезания повреждений кожи у собак.

Нашей целью являлось сравнение гистологий биопсий кожи в полную толщину и прилегающей периферической кожи, взятой у собак с использованием 5 разных методик: скальпеля №15, пробойника для биопсии кожи 6 мм, монополярной электрохирургии, CO₂-лазера и высокочастотной радиохирургической технологии. Мы выдвинули гипотезу, что высокочастотная радиохирurgia, монополярная электрохирургия и CO₂-лазер нанесут одинаковый термический вред образцам биопсии кожи и прилегающей периферической коже, и что это термическое повреждение будет больше, чем повреждение, создаваемое скальпелем №15 и пробойником для биопсии кожи 6 мм. Мы проверили нашу гипотезу путем сравнения гистологий краев среза биоптатов и соседней периферической кожи, оценивая также повреждение дермы за счет карбонизации ткани.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Собаки

Исследовали четырех здоровых, взрослых борзых. Результаты физического и дерматологического исследований считались нормальными для всех собак.

Подготовка к операции

Собакам была проведена премедикация атропином; затем ввели седативные препараты - ацетил промазин и морфин сульфат, и препараты общей анестезии - пропофол внутривенно; общая поддержка - с помощью изофлюрана в кислороде. Собак под анестезией сначала положили на правый бок. С левой стороны грудной клетки остригли шерсть, затем асептически подготовили путем очистки 2% хлоргексидином, обработали физраствором (0,9% NaCl) и накрыли защитной пленкой.

Отбор образцов

Биопсии брали с участка кожи на боковой части грудной клетки, расположенной между остью лопатки краниально и 13-м ребром каудально (со стороны хвоста), брюшной границей эпаксиальных мышц дорсально и реберно-хрящевым соединением вентрально. Размеры зоны биопсии измерялись и маркировались специальным маркером. Центры всех биоптатов находились на расстоянии 30 мм друг от друга в двух чередующихся рядах. После отбора 13 биоптатов с левой стороны грудной клетки собак перекладывали на левый бок, кожу на правой части грудной клетки подготавливали, как описано ранее, и брали 12 биоптатов с правой стороны грудной клетки.

Так, взято 25 биоптатов кожи в полную толщину от каждой собаки, при этом по 5 биоптатов взяты каждым из 5 разных методов: скальпелем № 15, пробойником для биопсии кожи, монополярным электрохирургическим прибором, CO₂-лазером и высокочастотным радиохирургическим прибором. Метод эксцизии был рандомизированно назначен для каждого участка для каждой собаки, используя функции генерации рандомизированных чисел коммерческого программного обеспечения (Excel, Microsoft, Redmond, WA). Образцы биопсии кожи, вырезанные лезвием скальпеля № 15, представляли собой эллипсы 6 мм x 24 мм, тогда как образцы, вырезанные пробойником для биопсии кожи, монополярным электрохирургическим прибором, CO₂-лазером и высокочастотным радиохирургическим прибором, представляли собой кружочки диаметром 6 мм. После отбора всех образцов биопсии с одной стороны грудной клетки скальпелем № 15 были вырезаны куски кожи во всю толщину с периметром 10 мм вокруг каждого участка биопсии, чтобы оценить воздействие на кожу сразу после биопсии. Раны

не закрывали, а собак безболезненно усыпляли после отбора ткани по причинам, не относящимся к этому исследованию.

Скальпель. Эллиптический 6 мм х 24 мм биоптат в полную толщину кожи был вырезан с помощью скальпеля №15. Для захвата образца использовали хирургический ДеБейки (DeBakey), а подкожную ткань забирали с помощью ножниц Меценбаума.

Пробойник для биопсии кожи. Лезвие пробойника для биопсии 6 мм кожи (Dermal Biopsy Punch, Miltex Inc., Bethpage, NY) размещали перпендикулярно поверхности кожи и применяли давление с вращательным движением. После того, как лезвие проникало под кожу, использовали хирургический пинцет ДеБейки для захвата образца в полную толщину, а прилегающие подкожные ткани отрезали ножницами Меценбаума.

Монополярная электрохирургия. Биопсия кожи вырезана в полную толщину круглой формы диаметром 6 мм с помощью монополярного электрохирургического прибора (ConMed Excalibur Plus PC, Модель 60-62-50-001, Хирургические системы Аспен, Englewood, CO) и наконечника. Пластина заземления помещалась у боковой стороны соответствующего бедра. Цифровая установка мощности - 35 Вт в режиме разреза. После кругового проникновения под кожу использовали хирургический пинцет ДеБейки для захвата и элевации образца, а прилегающие подкожные ткани отрезали электрохирургическим наконечником.

CO₂-лазер. Биопсия кожи вырезана в полную толщину круглой формы диаметром 6 мм с помощью CO₂-лазера (Luxar Nova Pulse 20 W CO₂ laser, Модель № LX-20 SP, Luxar Corp., Botell, WA, в настоящее время представленный как AccuVet, Lumenis Inc., Santa Clara, CA) с керамическим кончиком 0,8 мм и установкой на 10 Вт, с непрерывным режимом волны. Лазерный кончик устанавливали на 1 - 2 мм от поверхности кожи. Марлевым тампоном, смоченным стерильным физиологическим раствором (0,9 NaCl), удаляли карбонизованные некротические остатки для облегчения разреза ткани с помощью лазера. После того, как лазер по окружности проникал под кожу, использовали хирургический пинцет ДеБейки для захвата образца, а прилегающие подкожные ткани разделяли с помощью лазера. Применялись стандартные меры безопасности при работе с CO₂-лазером, которые включали: защитные очки, гидрофобные маски, защищающие от лазерного излучения, и эвакуатор дыма (Система фильтрации дыма Luxar AirSafe, Luxar Corp.) для удаления отработанного дыма.

Высокочастотная радиохирургия. Биопсия кожи вырезана в полную толщину круглой формы диаметром 6 мм с помощью высокочастотного радиохирургического прибора (Surgitron DF 120, Ellman International, Inc., Oceanside, NY) проволочным электродом серии А (сгибаемый электрод TA8B, Ellman International, Inc.). Антенная пластина помещалась под соответствующей стороной грудной клетки по направлению от хвоста к лопатке. Рабочая частота - 4 МГц в смешанном режиме (50% разрез и 50% коагуляция), а мощность в ваттах менялась в интервале от 18 до 39 Вт. Мощность в Вт устанавливалась, основываясь на оценке с помощью осязания во время разреза. Если при разрезе ощущалось «натяжение» ткани, мощность увеличивали. После того, как электрод по окружности проникал под кожу, использовали хирургический пинцет ДеБейки для захвата образца, а подкожную ткань отделяли с помощью высокочастотного радиохирургического прибора.

Гистология

После эксцизии все образцы ткани немедленно погружали в 10%-ный нейтрально-буферный раствор формалина в индивидуальных маркированных контейнерах. После фиксации полные биоптаты и сегменты периферической кожи шириной примерно 7 мм помещали в парафин. Все образцы разделяли по 5 мкм и окрашивали гематоксилином и эозином. Края среза каждого биоптата и его периферической кожи оценивались под световым микроскопом низкой и высокой мощности патологом, который не знал о методе отбора. Исключались из анализа образцы, которые были слишком искажены после обработки и исключали возможность провести точное измерение глубины обугливания.

Ожидалось, что обугливание проявится как отчетливая зона стеклования или коагуляции с чередованием окрашивания на краях среза образцов (рис. 1А). Образцы изучались при увеличении × 40, затем × 100 для измерения глубины обугливания.

Глубина обугливания измерялась в месте наименьшей ширины термического повреждения на краях в пределах дермы (рис. 1В). Такой участок имел бы наиболее перпендикулярную ориентацию по направлению к краям среза образца ткани, и таким образом был бы наиболее уязвимым для обугливания. Глубина карбонизации ткани и коагуляции измерялась и записывалась в миллиметрах.

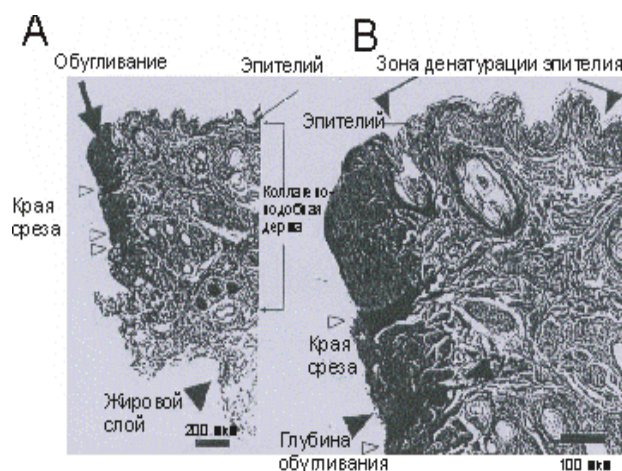


Рис. 1. **(А)** Биоптаты кожи, показывающие обугливание (большая стрелка) на краях разреза кожи. Отмечаются также пониженное обугливание, заметное в более глубоком жировом слое (черная стрелка), и артефакт складчатости (не закрашенные стрелки), который был типичен в образцах, взятых с помощью монополярной электрохирургии, СО₂-лазера и высокочастотной радиохирургии (x 40). **(В)** Та же биопсия при более высоком увеличении, имеющая широкую зону коагуляционного некроза эпидермиса на поверхности (большие стрелки) по сравнению с обугливанием дермы. Черные стрелки указывают на место измерений ширины обугливания. Отмечаются артефакты складчатости (не закрашенные стрелки) (x 100).

Статистические анализы

Глубина обугливания анализировалась с помощью модели АНОВА для проектирования повторных измерений с внутрисубъектным фактором 1 (метод) и одним внутрисубъектным фактором (тип образца). Тесты действия модели использовались с уровнем значимости 0,05. Результаты сообщались как средние наименьших квадратов, стандартная ошибка, основанная на суммированной оценке изменений из модели АНОВА, и 95%-ными доверительными интервалами (CI) для средних значений наименьших квадратов. Различия между методами определялись с помощью теста наименьшей значимой разности. Клиническая важность различий между методами оценивалась с помощью доверительных интервалов для разностей. Все расчеты проводились с использованием статистического программного обеспечения (SAS System для Windows, Версия 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC).

РЕЗУЛЬТАТЫ

С использованием каждого метода было отобрано 20 образцов биопсий. Оценивали все образцы, собранные скальпелем и пробойником для кожи, тогда как 4 образца, отобранные методом электрохирургии, два - СО₂-лазером и один - высокочастотной радиохирургией, посчитали неприемлемыми после гистологической обработки. Таким образом, обугливание измеряли на 16 биоптатах электрохирургии, 18 - СО₂-лазера и 19 - высокочастотной радиохирургии.

Оценены все образцы прилегающей периферической кожи, окружающей участки биопсии, отобранные скальпелем, пробойником для кожи, электрохирургией и СО₂-лазером. Три образца периферической кожи, отобранные высокочастотной радиохирургией и поврежденные во время обработки, не оценивались. Край остальных 17 периферических образцов кожи высокочастотной радиохирургией были читаемыми.

Обугливание

Обугливание видимо на краях обреза в виде отчетливой зоны коагуляции с конденсацией, стеклованием и потерей фибриллярной текстуры коллагена. Окрашивание менялось от повышенной базофилии до эозинофилии. Эпидермис имел переменные, типично более широкие зоны некроза в полную толщину (рис. 1В). Зона обугливания в дерме, которая содержит более высокую плотность коллагена, была шире, чем зона в более глубоком слое ткани. В слое, где жировая ткань увеличена, а плотность коллагена уменьшена, очевидны минимальные и фрагментарные зоны артефактов карбонизации и коагуляции. Термически вызванное сокращение коллагена приводит к изменениям плотности ткани и последующим артефактам складчатости вдоль краев разреза после разделения с помощью микротом. При рассмотрении при низкой силе (x 40) все, кроме четырех из 60 биоптатов, взятых с помощью электрохирургии, CO₂-лазера и высокочастотной радиохиргии, имели легко идентифицируемые артефакты складчатости на краях обрезки (рис. 1А); однако этот артефакт не идентифицирован ни в одном из 40 биоптатов, взятых скальпелем и пробойником для кожи.

Биоптаты. Обугливание не обнаружено на краях биоптатов, вырезанных скальпелем или пробойником кожи. Среднее значение глубины обугливания в биоптатах, полученных с помощью монополярной электрохирургии, CO₂-лазера и высокочастотной радиохиргии, были значительно больше 0 мм (табл. 1). Среднее значение глубины обугливания в биоптатах, полученных с помощью высокочастотной радиохиргии (0,158 мм), было значительно меньше, чем полученных с помощью монополярной электрохирургии (0,223 мм, $P = 0,1$), а средняя разность (доверительный интервал - 95%) между методами была -0,065 мм (-0,114 мм, -0,015 мм). Среднее значение глубины обугливания в биоптатах, полученных с помощью высокочастотной радиохиргии, было значительно меньше, чем у биоптатов, полученных с помощью CO₂-лазера (0,215 мм, $P = 0,02$), а средняя разность между методами составляла -0,057 мм (-0,105 мм, -0,008 мм). Однако среднее значение глубины обугливания в биоптатах, полученных с помощью монополярной электрохирургии, не значительно отличалось от такового в биоптатах, полученных с помощью CO₂-лазера ($P = 0,7$), а средняя разность между методами составляла 0,008 мм (-0,042 мм, 0,057 мм).

Образцы периферической кожи. Обугливание не отмечено на краях периферической кожи, окружающей биоптаты, вырезанные скальпелем и пробойником кожи. Среднее значение глубины обугливания во всех образцах периферической кожи, взятых с помощью электрохирургии, CO₂-лазера и высокочастотной радиохиргии, были значительно больше 0 мм. Среднее значение глубины обугливания в периферической коже, окружающей биоптаты, полученные с помощью высокочастотной радиохиргии (0,171 мм), были значительно меньше, чем в периферической коже, окружающей биоптаты, полученные с помощью монополярной электрохирургии (0,255 мм, $P = 0,002$), а средняя разность между методами составляла -0,084 мм (-0,132 мм, -0,036 мм). Среднее значение глубины обугливания в периферической коже, окружающей биоптаты, полученные с помощью высокочастотной радиохиргии, не значительно отличались от биоптатов, полученных с помощью CO₂-лазера (0,215 мм, $P < 0,07$), а средняя разность между методами составляла -0,044 мм (-0,092 мм, 0,004 мм). Среднее значение глубины обугливания в периферической коже, окружающей биоптаты, полученные с помощью монополярной электрохирургии, незначительно отличалось от полученных с помощью CO₂-лазера ($P = 0,08$), а средняя разность между методами была 0,041 мм (-0,006 мм, 0,088 мм).

Термическое повреждение биоптатов, забранных CO₂-лазером, было таким же, что и термическое повреждение прилегающей периферической кожи (табл. 1). Несмотря на то, что термическое повреждение биоптатов, забранных электрохирургией и высокочастотной радиохиргией, было меньше, чем повреждение биоптатов периферической кожи, эти различия не были значительны ($P > 0,05$).

Таблица 1. Среднее значение глубины обугливания (мм) на краях биоптатов и прилегающей кожи

Метод	Образец					
	Биоптат			Периферическая кожа		
	N	Наименьшее среднее значение	Доверительный интервал - 95%	N	Наименьшее среднее значение	Доверительный интервал - 95%
Монополярная электрохирургия	16	0,223*	(0,180; 0,265)	20	0,255*	(0,215; 0,296)
CO ₂ -лазер	18	0,215*	(0,174; 0,256)	20	0,215*	(0,174; 0,255)
Высокочастотная радиохирургия	19	0,158*	(0,117; 0,199)	17	0,171*	(0,129; 0,213)

* В пределах типа образца средние значения, за которыми следует та же буква, не являются значительно разными при 5%-ном уровне согласно тесту наименьшей значимой разности. N – количество образцов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Мы выяснили, что все методы, которые используют вызванное энергией тепло для разреза кожи, приводят к обугливанию, в отличие от контрольных методов (пробойник для кожи, лезвие скальпеля), что служит доказательством проникновения периферического тепла и повреждения боковых тканей. Технология высокочастотной радиохирургии приводит к наименьшему проникновению артефакта коагуляции среди тех генераторов, которые мы сравнивали. Насколько мы знаем, это первое сообщение оценки пригодности высокочастотной радиохирургии для эксцизии повреждений кожи у собак.

Высокочастотная радиохирургия

В медицинских источниках сообщается, что биоптаты кожи человека, полученные с помощью высокочастотной радиохирургии, имеют зоны термического повреждения, равные 0,075 мм. Высокочастотная радиохирургия вызывала минимальное (0,3 мм) латеральное термическое повреждение фаллопиевых труб человека, дает удовлетворительные результаты у пациентов при абляции языка и мягкого неба и у собак при резекции мягкого неба.

CO₂-лазер

Имеются сведения о действии CO₂-лазера на гистологическое качество удаленных тканей. Края биопсий шейки матки, полученные с помощью CO₂-лазера, было или трудно интерпретировать или невозможно интерпретировать у 27% пациентов. В другом исследовании артефакт карбонизации («уголь») биоптатов, полученных с помощью CO₂-лазера, вызвал невозможность интерпретации образцов. Однако Бэггиш (Baggish) и соавт. определили, что зона термического повреждения, вызванного CO₂-лазером во время биопсии шейки, не приводила к значительному ущербу точной оценки краев. Термический перенос к окружающей ткани CO₂-лазером был описан как минимальный, а сообщаемая глубина термического повреждения менялась от < 0,1 мм до 0,5 мм.

Риццо (Rizzo) и соавт. сообщают, что глубина термического повреждения, наносимого CO₂-лазером при 10-20 Вт через керамический кончик 0,8 мм при биопсиях кожи собаки полной толщины диаметром 6 мм составляла 0,31 - 0,41 мм. Несмотря на то, что было сделано заключение о том, что вызванные лазером артефакты могли бы перевести биоптаты маленького размера в разряд «нечитаемых», авторы утверждают, что зона термического повреждения в биоптатах кожи собак диаметром 6 мм, полученных

с помощью CO₂-лазера, была «минимальной» и не должна помешать диагностической оценке. Зона термического повреждения ткани, сообщаемая Риццо (Rizzo) и соавт., была значительно больше, чем зона 0,154 мм бокового термического повреждения ткани, которую мы получили с помощью высокочастотной радиохирургии.

Использование электрохирургических аппаратов в режиме непрерывной волны и с более высокими рабочими частотами носителя сокращает нежелательное изменение тканей. Производитель высокочастотного радиохирургического генератора, который мы использовали, рекомендует выбирать фильтрованный режим «разрез» при проведении биопсии. Фильтрованная непрерывная волна – это 90% разрез и 10% коагуляция. Однако наблюдалось существенное кровотечение, когда высокочастотным радиохирургическим генератором работали в фильтрованной непрерывной волне («разрез») работали на коже собак на удаленном участке (боковая часть бедра). Поскольку разрез без кровотечения является одним из первостепенных клинических преимуществ вырезания ткани при помощи выделяемого тепла, мы выбрали смешанный режим (50% разрез и 50% коагуляция), чтобы получить гемостаз во время выполнения разреза. Использование смешанного режима, вероятно, увеличивало обугливание образцов, но действительно уменьшало кровотечение. Интересно, что хотя не использовалось оптимальное распределение (фильтрованный режим «разрез»), артефакт обугливания в коже, вырезанной с помощью высокочастотной радиохирургии, был все-таки меньше, чем у артефактов в коже, вырезанной CO₂-лазером и аппаратом монополярной электрохирургии.

Мы обнаружили, что повреждение латеральной ткани, вызванное CO₂-лазером (0,215 мм), было в пределах (< 0,1 - 0,5 мм), о которых сообщалось ранее. Выбор керамического кончика 0,8 мм и непрерывной волны 10 Вт основан на другом исследовании, где сравнивалось воздействие CO₂-лазера на кожу собаки. Обугливание, производимое лазером, можно отнести на счет избыточного времени воздействия лазерной энергии на ткани и использования лазерного кончика неоптимального размера. Повышенную точность и плотность силы и пониженное латеральное фототермическое изменение можно было получить, используя кончик меньшего диаметра (0,3 или 0,4 мм).

Средняя глубина обугливания, производимого монополярной электрохирургией, была значительно больше, чем при использовании CO₂-лазера и высокочастотной радиохирургии. Такое повышенное латеральное термическое повреждение, связанное с монополярной электрохирургией, может быть отнесено на счет прохождения электрического тока между монополярным электрохирургическим электродом и пластиной заземления и последующим выделением тепла через более широкую зону ткани. Используемые установки мощности были выбраны, основываясь на тактильной оценке «гладкого» разреза во время эксцизии. Однако при использовании монополярной электрохирургии кожные стволые мускулы сильно сжимаются, делая контролируемое вырезание более сложным, что в свою очередь может привести к более неправильным биоптатам.

Изменения кожи

Изменения в нормальной коже собак, вызванные рутинной обработкой для гистологической оценки, включали в себя уменьшение длины (до 32%) и увеличение толщины (до 75,8%). Хотя мы предполагали, что изменения в толщине кожи из-за артефакта могли повлиять на точность измерения глубины обугливания, это не должно было повлиять на относительное сравнение методов.

Мы не измеряли поверхностный эпителий и придатки кожи, поскольку эти компоненты имели переменные, типично более широкие, зоны денатурации (рис. 1B). Такие изменения в эпидермисе могут иметь важную клиническую значимость при интерпретации неопластических кожных образований или других дерматологических патологий, которые могут разрушить эпидермальную архитектуру.

Выделяющие тепло генераторы, которые мы использовали, вызывали деформацию биоптатов кожи. Термическая энергия вызывает сокращение коллагена в ткани дермы, а последующее сжатие может быть неправильным. Такое искажение вместе

с изменениями ткани, связанными с артефактами фиксации и разреза микротомом, могли повлиять на то, что некоторые образцы после обработки имели нечитаемые края.

Когда биоптаты рассматривали при низкой силе (x 40), легко идентифицируемые артефакты складчатости краев разреза присутствовали всего в четырех биоптатах, полученных с помощью оцениваемых в исследовании методов. Такой артефакт не был идентифицирован ни в одном из биоптатов, полученных при помощи скальпеля или пробойника биопсии кожи. Этот факт может быть отнесен на счет термически вызванного сокращения коллагена и последующих грубых изменений в плотности ткани, что и приводит к появлению подобного артефакта во время обработки.

Результаты нашего исследования показывают, что эксцизия биоптатов кожи собак с помощью выделяющих тепло генераторов вызывает повреждение латеральных тканей, что может помешать гистологической интерпретации краев образца, особенно в образцах маленького размера. Для того, чтобы оценить, помешают ли эти артефакты обугливания оценке краев, оправдано сравнение нескольких слепых интерпретаций патологами краев опухолей, вырезанных с помощью данных генераторов. Настоящее исследование также показывает, что применение высокочастотной радиохирургии в режиме «разрез и коагуляция» вызывает меньшее латеральное термическое повреждение биоптатов кожи собак, чем монополярная электрохирургия и СО₂-лазер, и меньшее латеральное термическое повреждение прилегающей периферической кожи, чем монополярная электрохирургия. В дальнейшем будут проводиться исследования, сравнивающие заживление хирургических ран кожи собак, нанесенных этими методами.