

факте свидетельствует незначительное повышение концентрации фибрина и снижение активности антитромбина III и его способности к удалению свободного тромбина.

Под действием подвергшихся воздействию ИЭМИ частотой 5 Гц, произошла активация системы I и II осей стресса, в то же время снизилась активность антиоксидантов и медиатора серотонина.

Литература

1. Алиева Д.О.к. Савин Е.И. Субботина Т.И. Яшин А.А. Влияние импульсных электромагнитных полей частотой 8 Гц на биохимические показатели крови у крыс линии Вистар // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2013. N 1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4611.pdf>
2. Аффифи А., Эйзен С. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ: Пер. с англ. М.: Мир, 1982. 182 с.
3. Хасая Д.А. Особенности активности свободно-радикальных процессов при воздействии электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на живой организм // VIII МНТК «Физика и технические приложения волновых процессов»: материалы конференции. СПб, 2009. С. 346–347.
4. Хасая Д.А. Особенности действия электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на агрегатное

состояние крови (экспериментальное исследование): автореф. дис.... канд. биол. наук. Сургут, 2011. 24 с.

References

1. Alieva Dok, Savin EI, Subbotina TI, Yashin AA. Vliyanie impul'snykh elektromagnitnykh poley chastotoy 8 Gts na biokhimicheskie pokazateli krovi u krysv linii Vistar [Application of the correlation and regression analysis to research activity of free radical process under the pulsed electromagnetic fields' effect with 5 hz frequency]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy (Elektronnyy zhurnal) [Internet]. 2013 [cited 2013 Nov 5];1:1-[about 3 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4611.pdf>
2. Afifi A, Eyzon S. Statisticheskiy analiz. Podkhod s ispol'zovaniem EVM: Per. s angl. Moscow: Mir; 1982. Russian.
3. Khasaya DA. Osobennosti aktivnosti svobodno-radikal'nykh protsessov pri vozdeystvii elektromagnitnogo izlucheniya millimetrovogo diapazona na zhivoy organizm. VIII MNTK «Fizika i tekhnicheskie prilozheniya volnovykh protsessov»: materialy konferentsii. SPb; 2009. Russian.
4. Khasaya DA. Osobennosti deystviya elektromagnitnogo izlucheniya millimetrovogo diapazona na agregatnoe sostoyanie krovi (eksperimental'noe issledovanie) [dissertation]. Surgut (Surgut region); 2011. Russian.

УДК: 616.72-089

DOI: 10.12737/5926

ХОЛОДНОПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА МЯГКИХ ТКАНЕЙ СУСТАВА: МОДЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НА СУСТАВЕ КРЫС

А.Л. ЖУЛИКОВ*, Д.А. МАЛАНИН**, Н.М. ГАЙФУЛИН**, В.В. НОВОЧАДОВ***, А.В. ПРУДНИКОВ*, В.В. БАТАНОВ*

*ГБОУ ВПО Волгоградский государственный медицинский университет, площадь Павших Борцов, д. 1, г. Волгоград, Россия, 400131

**ФГБОУ ВПО Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, г. Москва, Россия, 119234

***ФГАОУ ВПО Волгоградский государственный университет, пр-т Университетский, 100, г. Волгоград, Россия, 400062

Аннотация. В работе проведен морфологический анализ влияния холодноплазменной обработки на заживление экспериментальных механических повреждений, сформированных в синовиальной оболочке, менисках и жировом теле в коленных суставах крыс. Для генерации холодной плазмы использован биполярный радиочастотный электрод «CoVac 50 Wand» аппарата «Atlas» (ArthroCare, США) в режимах 3 (150В, 68Вт) и 6 (225В, 160Вт), результаты заживления при спонтанной регенерации и после холодноплазменной обработки прослежены в течение 3 и 6 недель после повреждения. В качестве морфометрических показателей, свидетельствующих о положительном эффекте холодноплазменной обработки, были использованы определения фактора поверхности, расчетного объема регенерата (мм³) и численной плотности клеток в нем (1/мм³). В результате выявлен оптимальный эффект холодноплазменной обработки в режиме 6 (225В, 160Вт) для восстановления дефектов волокнистого хряща менисков и в режиме 3(150В, 68Вт) – для восстановления повреждений синовиальной оболочки и жирового тела суставов. Обработку жирового тела рекомендовано проводить максимально щадящим образом. Показано, что для мягких тканей не характерен феномен «сглаживания-заваривания», а холодноплазменная обработка даже в оптимальных режимах лишь способствует образованию более тонкого рубца на месте дефектов ткани.

Ключевые слова: суставной хрящ, мениски, жировое тело, синовиальная оболочка, холодноплазменная обработка, морфология.

COLD PLASMA PROCESSING OF SOFT TISSUES OF THE JOINTS: MODEL TESTS ON THE JOINT RATS

A.L. ZHULIKOV*, D.A. MALANIN**, N.M. GAIFULLIN**, V.V. NOVOCHADOV***, A.V. PRUDNIKOV*, V.V. BATANOV*

*Volograd State Medical University, Pavshikh Bortsov Sq., 1, Volgograd, Russia, 400131

**Moscow state M.V. Lomonosov University, Lenin Hills, d. 1, Moscow, Russia, 119234

***Volograd State University, University Avenue, 100, Volgograd, Russia, 400062

Abstract. The effect of the radiofrequency ablation on the healing of experimental mechanical damage, formed in the synovium, menisci, and fat body in the rat knee joints was analyzed in this paper. To generate a cold plasma the bipolar radiofrequency electrode “CoVac 50 Wand” of apparatus ‘Atlas’ (ArthroCare, USA), applied in modes 3 (150 V, 68 W) and 6 (225 V, 160 W) was used. The results of the healing of the spontaneous regeneration and after cold ablation monitored within 3 and 6 weeks after the injury were presented.

Dimensionless surface factor, estimated volume of the regeneration, and numerical density of cells was used to prove morphologically the beneficial effect of radiofrequency ablation. As a result, the optimal effect of this impact procedure was shown in respect of the restoration of meniscus defects in mode of 6 (225 V, 160 W) and the restoration of synovium and fat body defects in mode of 3 (150 V, 68 W). It was recommended the treatment of fat body by gentle way. It was shown that the phenomenon of «smoothing-maker» doesn't typical for the soft tissues, and coblative processing even in an optimal mode only contributes to the formation of a thin scar in the place of tissue defects.

Key words: hyaline cartilage, meniscus, fat body, synovium, radiofrequency ablation, morphology.

Патология суставов относится к группе наиболее распространенных болезней современной цивилизации, а развитие малоинвазивных хирургических способов лечения объясняет факт все более широкого их использования – в отдельных группах населения обнаруживается до половины людей, перенесших подобные оперативные вмешательства [14]. Прогресс в хирургических технологиях лечения травм и заболеваний суставов ряд исследователей связывает с внедрением различных дистанционных или опосредованных способов контролируемого физического воздействия на ткани, в том числе радиочастотного, именуемой холодноплазменной обработкой [2,6,8]. В основе метода лежит феномен образования низкотемпературной плазмы при действии электромагнитного поля высокой напряженности в растворе электролита. Высокочастотная энергия приводит к формированию на электроде плазменного слоя, толщина которого составляет от 0,5 до 1,0 мм. Именно энергия плазмы разрушает связи в органических полимерах, что приводит к разрушению ткани и растворению продуктов деструкции в растворе электролита. Фактически, происходит быстрая бесконтактная обработка тканей, даже в труднодоступных областях сустава, что существенным образом повышает скорость работы хирурга и сокращает продолжительность операции [8,13].

Имеющиеся в литературе исследования посвящены в основном воздействию на суставной хрящ, для которого отработаны в эксперименте и перенесены в клинику важные моменты поддержания температурного режима, допустимой мощности и времени воздействия радиочастотных электродов [4,5,11,15]. Холодноплазменный дебридмент в этом случае признается эффективным, если после него не только остается достаточно гладкая, механически стабильная поверхность, но и сохраняется жизнеспособность хондроцитов на глубине свыше 1,0-1,5 мм, а вся процедура занимает не более 10 секунд [8,12]. Но, несмотря на, казалось бы, четко сформулированные рекомендации, холодноплазменная обработка хряща еще не отнесена к методикам выбора в суставной хирургии, технологии её применения еще далеки от стандартизации и нуждаются в многократном подтверждении надежности и безопасности [7].

В отношении применения радиочастотных электродов для обработки мягких тканей сустава имеются лишь единичные упоминания в литературе [3,10]. Понимая, насколько важно использовать радиочастотные электроды максимально эффективно при артроскопических операциях, мы поставили перед собой задачу дополнительной экспериментальной проверки данной технологии.

Цель исследования – получение новых экспериментальных данных о возможности применения холодноплазменной обработки для улучшения заживления дефектов мягких тканей сустава.

Материалы и методы исследования. Эксперименты проведены с использованием 12 белых крыс, средний возраст которых составлял 5-6 месяцев. Протокол экспериментов соответствовал этическим нормам, изложенным в *Правилах лабораторной практики (GLP)*, Хельсинской декларации

(2000) и Директивах Европейского сообщества 86/609ЕЕС. Обезболивание осуществляли в/м введением препарата «Золетил» в дозе 40 мг/кг массы. После артротомии коленного сустава у животных наносили механические повреждения синовиальной оболочки, жирового тела Hoffa, внутреннего или наружного менисков, создавая дефекты размером 1×1 мм и глубиной до 2 мм. Повреждения обрабатывали бесконтактным способом биполярным радиочастотным электродом «CoVac 50 Wand» аппарата «Atlas» (ArthroCare, США). Техника обработки соответствовала типу «линейного воздействия» со скоростью 3-4 мм/сек. При выборе указанных выше режимов основывались на результатах проведенных нами ранее исследований изменения структуры суставного хряща под влиянием холодной плазмы [1,2]. Учитывая, что гиалиновый хрящ имеет более плотную структуру по сравнению с другими мягкими тканями сустава, для последних выбирали наименее травмирующий режим 3 (150В, 68Вт) и максимально возможный – режим 6 (225В, 160Вт). Мягкие ткани противоположного коленного сустава использовали в качестве контроля. Забор материала производили через 3 и 6 недель после выведения животных из эксперимента передозировкой препарата «Золетил».

Для гистологического исследования препараты фиксировали в 10%-ном растворе формалина, декальцинировали Трилоном Б с проводкой материала по спиртам возрастающей плотности и окрашивали гематоксилином и эозином, трихром по Массону [9]. Изучение микропрепаратов и цифровую фотосъемку проводили с использованием микроскопа «Микмед 6», оснащенного цифровой камерой «ДСМ-300» (ЛОМО, Россия) и лицензируемым программным обеспечением «Scope Photo 3.0» (Scope Tek, КНР). Количественные исследования проводили с помощью программы свободного доступа «Image Tool for Windows, v. 3.0» (UTHSCSA, США). В каждом образце рассчитывали следующие показатели: фактор поверхности, равный отношению площадей реальной поверхности и геометрически идеальной, сферической (безразмерная величина); общий объем регенерата (мм³), численную плотность клеток в регенерате (1/мм³).

Статистический анализ с проверкой нормальности распределения выборки, расчета средних, их ошибки и показателя достоверности различий проводили общепринятыми для медико-биологических исследований методами с использованием возможностей программы «Statistika 6.0» (StatSoft Inc., USA). Для анализа различий между выборками использовали критерий Манна-Уитни, критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05 [16].

Результаты и их обсуждение. В области механического повреждения волокнистого хряща менисков после холодноплазменной обработки в режиме 3 (150В, 68Вт) происходило аморфное склеивание поверхностной зоны дефекта в среднем на глубину до 200 мкм, а после обработки в режиме 6 (225В, 160Вт) – на глубину 300-400 мкм, что в обоих случаях инициировало полноценный регенераторный процесс. На 3 недели после обработки область дефекта

была замещена смешанным регенератом с преобладанием соединительнотканых структур, а к 6 неделе дефект практически полностью замещался преимущественно волокнистым хрящом. Использование режима 6 (225В, 160Вт) приводило к более полноценному и раннему заживлению повреждения менисков: уже к 3 неделе в дефекте присутствовали хрящевые элементы, а к 6 неделе зона повреждения отличалась от обычного волокнистого хряща лишь несколько большим содержанием клеток и менее гладкой поверхностью. За счет хондрокондуктивного эффекта и нарастания объема прилежащей хрящевой ткани, объем собственно зоны регенерации был меньше исходного объема дефекта в 3,5 раза. При спонтанной регенерации механический дефект менисков замещался к 6 неделе смешанным регенератом, богатым клетками и матриксом соединительной и хрящевой ткани с достаточно неровной поверхностью (табл.).

Таблица

Количественные показатели морфологии регенератов в области механических повреждений мягких тканей сустава, обработанных холодной плазмой (М±m)

Материал	Сроки	Морфометрические показатели			
		Фактор поверхности	Расчетный объем регенерата, мм ³	Численная плотность клеток, 1/мм ³	
Мениски					
Контроль	-	1,22±0,07	-	485±20,5	
Спонтанная регенерация	3 недели	7,36±0,69 *	3,11±0,28	3732±230,5 *	
	6 недель	4,29±0,32 *	2,54±0,21	2189±162,7 *	
Холодно-плазменная обработка	режим 3	3 недели	2,73±0,18 # *	2,55±0,19 #	
		6 недель	1,73±0,12 # *	0,83±0,07 #	
	режим 6	3 недели	2,10±0,15 # *	2,10±0,16 #	4408±283,2 *
		6 недель	1,55±0,11 # *	0,72±0,05 #	1821±119,9 *
Синовиальная оболочка					
Контроль	-	1,34±0,10	-	2783±134,0	
Спонтанная регенерация	3 недели	9,63±0,49 *	5,19±0,47	6833±591,3 *	
	6 недель	5,27±0,40 *	3,86±0,29	4195±370,2 *	
Холодно-плазменная обработка	режим 3	3 недели	3,99±0,26 # *	1,74±0,20 #	
		6 недель	3,51±0,28 # *	1,48±0,16 #	3930±265,0 # *
	режим 6	3 недели	7,44±0,55 # *	4,63±0,51	5907±471,5 *
		6 недель	8,15±0,59 # *	3,90±0,42	4243±397,5 *
Жировое тело					
Контроль	-	1,20±0,09	-	1227±881,5	
Спонтанная регенерация	3 недели	4,28±0,25 *	4,16±0,35	5035±469,3 *	
	6 недель	3,55±0,21 *	2,77±0,24	2903±219,4 *	
Холодно-плазменная обработка	режим 3	3 недели	3,90±0,19 *	3,29±0,30 #	
		6 недель	3,38±0,26 *	2,92±0,27	3512±292,0 # *
	режим 6	3 недели	11,24±0,76 # *	11,23±0,84 #	6271±590,8 # *
		6 недель	8,40±0,58 # *	7,44±0,52 #	4530±392,1 # *

Примечание: * – достоверные различия с величиной показателя в контроле; # – при спонтанной регенерации

Следовательно, для обработки волокнистого хряща менисков вполне приемлемыми оказались режимы работы радиочастотного электрода 3 (150В, 68Вт) и 6 (225В, 160Вт), что соответствовало по энергетическим характеристикам режимам, ранее экспериментально обоснованным нами для дебридмента суставного хряща [2].

После холодноплазменной обработки участков синовиальной оболочки в режиме 3 (150В, 68Вт) глубина аморфного склеивания составляла от 250 до 400 мкм, признаки частичного повреждения подлежащих тканей распространялись не далее 100-150 мкм. В результате на месте дефекта к 3 неделе обнаруживался соединительнотканый регенерат с элементами пролиферации мезотелия, а к 6 неделе формировалась полноценная синовиальная оболочка. При использовании режима 6 (225В, 160Вт) работы радиочастотного электрода глубина аморфного склеивания находилась в том же интервале, но повреждение подлежащих тканей распространялось более чем на 250 мкм в подлежащие ткани. Это сопровождалось достаточно выраженной соединительнотканной пролиферацией, так что и к 6 неделе регенераторный процесс в области повреждения нельзя было считать завершенным. Поверхностная структура и клеточный состав регенерата не соответствовали характеристикам нормальной синовиальной оболочки сустава. Спонтанная регенерация в течение 6 недель также не сопровождалась восстановлением полноценной структуры синовиальной оболочки (табл.).

При обработке жирового тела выявлялась еще большая зависимость исходов репаративного процесса от варьирования режимов работы радиочастотного электрода. При использовании режима 3 (150В, 68Вт) глубина аморфного склеивания превышала 500 мкм, подлежащие адипоциты повреждались на глубину свыше 500-700 мкм. В результате замещение дефекта происходило за счет формирования соединительнотканного регенерата, уплотнение которого завершалось к 6 неделям образованием рубца общим объемом до 3 мкм³. При использовании режима 6 (225В, 160Вт) на 3 неделе в регенерате выявлялись признаки постнекротического воспаления, размеры заместительного рубца к 6 неделе после холодноплазменного воздействия превышали 7 мкм³. Спонтанная регенерация жирового тела после механического повреждения также не завершалась полноценным заживлением, оставляя после себя плотный соединительнотканый рубец.

Следовательно, для мягких тканей сустава, таких как жировое тело и синовиальная оболочка, представляется более целесообразным использование щадящих режимов работы радиочастотного электрода (например, в аппарате «Atlas» – режим 3 (150В, 68Вт)).

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что радиочастотная обработка вполне приемлема для обработки мягких тканей сустава. Но, если для менисков, как и для суставного хряща, более убедительные результаты достигаются при использовании умеренных значений мощности радиочастотного электрода, то для других мягких тканей сустава (синовиальной оболочка, жировое тело) эта энергия является избыточной, а её воздействие сопровождается глубоким некрозом тканей, подлежащих к дефекту, и общим малоутошительным с гистологической точки зрения исходом репаративного процесса.

Известный положительный эффект холодноплазменной абляции в отношении повреждений хрящевой ткани, заключающийся в удалении поверхностного детрита и «заваривании» плотного хрящевого матрикса [8,12], совершенно иначе проявляется в других мягких тканях сустава. Глубина повреждения оказывается большей по размерам, а межклеточное пространство – слишком рыхлым для «заваривания». Формирующаяся зона некроза затрудняет процессы регенерации и позволяет в итоге сформироваться лишь регенерату из грубой волокнистой соединительной ткани. По многим

характеристикам этот регенерат, особенно в области дефектов жирового тела, соответствует ткани, образующейся в процессе спонтанной регенерации механических повреждений других мягких тканей сустава. По-видимому, изолированная холодноплазменная обработка не в состоянии предотвратить соединительнотканного замещения области повреждения жирового тела, а объемы этого повреждения могут только увеличиваться при её слишком агрессивном использовании. Поэтому во всех случаях обработки мягких тканей сустава имеет смысл ограничиваться режимами малой мощности излучения радиочастотного электрода.

Заключение. Таким образом, в эксперименте было получено обоснование для отдельных технологических особенностей холодноплазменной обработки дефектов мягких тканей сустава – менисков, синовиальной оболочки, жирового тела. Исследования показали, что при обработке волокнистого хряща менисков можно придерживаться тех же условий, что и при воздействии на поврежденный суставной хрящ (умеренные режимы работы радиочастотного электрода). Для обработки синовиальной оболочки и жировой ткани сустава приемлемы более низкие режимы, а в последнем случае радиочастотное воздействие, ввиду неизбежного образования обширного соединительнотканного рубца, следует проводить с особой осторожностью.

Литература

1. Жуликов А.Л., Маланин Д.А., Новочадов В.В. Применение холодноплазменной абляции для восстановления поврежденных суставных поверхностей: модельные испытания // Вестник новых мед. технологий. 2009. Т. 16. №3. С. 104–105.
2. Маланин Д.А., Жуликов А.Л., Новочадов В.В. Морфологическая характеристика регенератов после холодноплазменной обработки экспериментальных неполнослойных повреждений гиалинового хряща // Вестник ВолГУ. Серия 11: Естественные науки. 2011. №2. С. 8–16.
3. Орлецкий А.К., Езеев А.Р. Сравнительная оценка использования высокочастотной абляции при повреждении капсульно-связочного аппарата коленного сустава у спортсменов // Мед. помощь. 2008. №4. С. 22–27.
4. Debridement with an arthroscopic radiofrequency wand versus an arthroscopic shaver: comparative effects on menisci and underlying articular cartilage / Allen T.R., Tasto J.P., Cummings J. [et al.] // Arthroscopy. 2006. N4. P. 385
5. Amiel D., Ball S.T., Tasto J.P. Chondrocyte viability and metabolic activity after treatment of bovine articular cartilage with bipolar radiofrequency: an in vitro study // Arthroscopy. 2004. Vol. 5. P. 503–510.
6. An Y.H., Martin K.L. Handbook of histology methods for bone and cartilage. N.-Y.: Humana Press, 2003. 587 p.
7. Impact of monopolar radiofrequency energy on subchondral bone viability / Balcarek P., Kuhn A., Weigel A. [et al.] // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2010. Vol. 18. N5. P. 673–680.
8. Comparison of radiofrequency treatment and mechanical debridement of fibrillated cartilage in an equine model / Edwards R.B., Lu Y., Cole B.J. [et al.] // Vet. Comp. Orthop. Traumatol. 2008. Vol. 21. N1. P. 41–48.
9. Histopomorphic evaluation of radiofrequency mediated débridement chondroplasty / Ganguly K., McRury I.D., Goodwin P.M. [et al.] // Open Orthop. J. 2010. N4. P. 211–220.
10. Horstman C.L., McLaughlin R.M. The use of radiofrequency energy during arthroscopic surgery and its effects on intraarticular tissues // Vet. Comp. Orthop. Traumatol. 2006.

Vol. 19. N2. P. 65–71.

11. Ex vivo comparison of mechanical versus thermal chondroplasty: assessment of tissue effect at the surgical endpoint. / Lotto M.L., Wright E.J., Appleby D. [et al.] // Arthroscopy. 2008. Vol. 24. N4. P. 410–415
12. Outcomes of mechanical debridement and radiofrequency ablation in the treatment of chondral defects: a prospective randomized study / Richard W., Kang W., Andreas H. [et al.] // Knee Surg. 2008. Vol. 28. P. 116–121.
13. Arthroscopic knee chondroplasty using a bipolar radiofrequency-based device compared to mechanical shaver: results of a prospective, randomized, controlled study / Spahn G., Kahl E., Muckley T. [et al.] // Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2008. Vol. 16. P. 565–573.
14. Cartilage repair: past and future – lessons for regenerative medicine / Van Osch G.J., Brittberg M., Dennis J.E. [et al.] // J. Cell Mol. Med. 2009. Vol. 13. N5. P. 792–810.
15. Zoric B.B., Horn N., Braun S., Millett P.J. Factors influencing intra-articular fluid temperature profiles with radiofrequency ablation // J. Bone Joint Surg. Am. 2009. Vol. 91. N10. P. 2448–2454.
16. Хадарцев А.А., Яшин А.А., Еськов В.М., Агарков Н.М., Кобринский Б.А., Фролов М.В., Чухраев А.М., Гондарев С.Н., Хромушин В.А., Каменев Л.И., Валентинов Б.Г., Агаркова Д.И. Информационные технологии в медицине. Монография. Тула: ТулГУ, 2006. 272 с.

References

1. Zhulikov AL, Malanin DA, Novochadov VV. Primeniye kholodnoplazmennoy ablatsii dlya vosstanovleniya povrezhdennykh sustavnykh poverkhnostey: model'nye ispytaniya [The using of cold-plasma ablation for restoring damaged joint surfaces: model test]. Vestnik novykh meditsinskih tekhnologiy. 2009;16(3):104-5. Russian.
2. Malanin DA, Zhulikov AL, Novochadov VV. Morfolo-gicheskaya kharakteristika regeneratov posle kholodnoplazmennoy obrabotki eksperemental'nykh nepolnosloynykh povrezhdeniy gialinovogo khryashcha. Vestnik VolGU. Seriya 11: Estestvennyye nauki. 2011;2:8-16. Russian.
3. Orletskiy AK, Ezeev AR. Sravnitel'naya otsenka ispol'zovaniya vysokochastotnoy ablatsii pri povrezhdenii kapsul'no-svyazochnogo apparata kolennogo sustava u sportsmenov. Med. pomoshch'. 2008;4:22-7. Russian.
4. Allen TR, Tasto JP, Cummings J, et al. Debridement with an arthroscopic radiofrequency wand versus an arthroscopic shaver: somparative effects on menisci and underlying articular cartilage. Arthroscopy. 2006;4:385.
5. Amiel D, Ball ST, Tasto JP. Chondrocyte viability and metabolic activity after treatment of bovine articular cartilage with bipolar radiofrequency: an in vitro study. Arthroscopy. 2004;5:503-10.
6. An YH, Martin KL. Handbook of histology methods for bone and cartilage. N.-Y.: Humana Press; 2003.
7. Balcarek P, Kuhn A, Weigel A, et al. Impact of monopolar radiofrequency energy on subchondral bone viability. Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc. 2010;18(5):673-80.
8. Edwards RB, Lu Y, Cole BJ, et al. Comparison of radiofrequency treatment and mechanical debridement of fibrillated cartilage in an equine model. Vet. Comp. Orthop. Traumatol. 2008;21(1):41-8.
9. Ganguly K, McRury ID, Goodwin PM, et al. Histopomorphic evaluation of radiofrequency mediated débridement chondroplasty. Open Orthop. J. 2010;4:211-20.

10. Horstman CL, McLaughlin RM. The use of radiofrequency energy during arthroscopic surgery and its effects on intraarticular tissues. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2006;19(2):65-71.

11. Lotto ML, Wright EJ, Appleby D, et al. Ex vivo comparison of mechanical versus thermal chondroplasty: assessment of tissue effect at the surgical endpoint. *Arthroscopy.* 2008;24(4):410-5.

12. Richard W, Kang W, Andreas H, et al. Outcomes of mechanical debridement and radiofrequency ablation in the treatment of chondral defects: a prospective randomized study. *Knee Surg.* 2008;28:116-21.

13. Spahn G, Kahl E, Muckley T, et al. Arthroscopic knee chondroplasty using a bipolar radiofrequency-based device

compared to mechanical shaver: results of a prospective, randomized, controlled study. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2008;16:565-73.

14. Van Osch GJ, Brittberg M, Dennis JE, et al. Cartilage repair: past and future – lessons for regenerative medicine. *J. Cell Mol. Med.* 2009;13(5):792-810.

15. Zoric BB, Horn N, Braun S, Millett PJ. Factors influencing intra-articular fluid temperature profiles with radiofrequency ablation. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2009;91(10):2448-54.

16. Khadartsev AA, Yashin AA, Es'kov VM, Agarkov NM, Kobrinskiy BA, Frolov MV, Chukhraev AM, Gondarev SN, Khromushin VA, Kamenev LI, Valentinov BG, Agarkova DI. *Informatsionnye tekhnologii v meditsine. Monografiya.* Tula: TulGU; 2006. Russian.

УДК: 616.34-089.23:615.472

DOI: 10.12737/5927

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ НАГРУЗКИ ПРИ ОДОНТОПРЕПАРИРОВАНИИ

А.Н. ПАРХОМЕНКО*, Т.В. МОТОРКИНА*, В.И. ШЕМОНаЕВ*, С.И. КОРМИЛИЦИН**

*ГБОУ ВПО Волгоградский Государственный Медицинский Университет,
пл. павших Борцов, д. 1, г. Волгоград, Россия, 400131, e-mail: post@volgmed.ru

**ГБОУ ВПО Волгоградский государственный технический университет,
пр. им. Ленина, 28, г. Волгоград, Россия, 400005, e-mail: fpo@vstu.ru

Аннотация. Работа абразивного стоматологического ротационного инструмента связана с повреждением тканей зубов. В случае несоблюдения термического режима препарирования возможно как развитие травматического пульпита, так и нарушение локальной структуры твердых тканей. Для уменьшения нежелательных последствий одонтопрепарирования считается обязательным соблюдение таких правил, как проведение этапа препарирования с водно-воздушным охлаждением, корректный подбор инструмента для выполнения определенных задач, использование качественного нового инструмента и др. Одной из рекомендаций, призванных уменьшить нежелательные эффекты препарирования твердых тканей зубов, является ограничение нагрузки на инструмент. В доступной литературе найдены исследования, посвященные поиску оптимального значения нагрузки на инструмент при препарировании. Считается, что нагрузка на инструмент при препарировании должна составлять около 20 г. В разное время авторами было разработано несколько устройств, предназначенных для приведения силы подачи стоматологического ротационного инструмента к рекомендуемым значениям. Однако, ни в одном источнике не было встречено упоминаний об использовании предложенных устройств. Таким образом, проблема контроля нагрузки при препарировании остается нерешенной. Нами предложено устройство, позволяющее производить препарирование зубов с заданным усилием. В статье приводится техническое описание предложенного устройства.

Ключевые слова: препарирование зубов, нагрузка, устройство.

THE CONTROL UNIT LOADS FOR THE PREPARATION OF THE TEETH

A.N. PARKHOMENKO*, T.V. MOTORKINA*, V.I. SHEMONAEV*, S.I. KORMILITSIN**

*Volgograd State Medical University, Fallen Fighters Square, 1, Volgograd, Russia, 400131, e-mail: post@volgmed.ru

**Volgograd State Technical University, Lenin av., 28, Volgograd, Russia, 400005, e-mail: fpo@vstu.ru

Abstract. Work abrasive dental rotary tool is associated with tissue damage teeth. In case of non-observance of the thermal mode of preparation, it is possible the development traumatic pulpitis and violation of the local structure of hard tissues. To reduce unwanted consequences of preparation of teeth is mandatory, subject to such rules as the conduct of a stage of preparation of water-air cooling, the correct selection tool to perform certain tasks, the use of qualitative new tools, etc. One of the recommendations which aim to reduce the undesirable effects of preparation of hard tooth tissues, is to limit the load on the tool. In the available literature found research dedicated to finding the optimal values load on the tool preparation. It is believed that the load on the tool preparation to be about 20 g. At various times, the authors developed several devices designed to bring the power supply dental rotary tool to the recommended values. However, in the available literature hasn't been met mention of using the proposed device. Thus, the problem of control load preparation remains unresolved. The authors developed a device that allows for preparation of teeth with preset effort. The article provides a technical description of the proposed device.

Key words: preparation teeth, load, device.

Работа абразивного стоматологического ротационного инструмента связана с травматизацией твердых тканей зубов. В случае несоблюдения термического режима пре-

парирования возможно как развитие травматического пульпита, так и нарушение локальной структуры твердых тканей. Возможно образование сколов, трещин эмали и