ОРИГИНАЛЬНЫЙ СПОСОБ МОНОПОЛЯРНОЙ ГАЗОПЛАЗМЕННОЙ КОАГУЛЯЦИИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ И КЛИНИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ

Голубев А.А.¹, Шепель Е.В.², Ситкин С.И.¹, Еремеев А.Г.¹

¹ГБОУ ВПО Тверской государственный медицинский университет
170000 ул. Советская д.4, Тверь, Россия

²Тверской областной клинический онкологический диспансер
170028 ул. 15 лет Октября 51, Тверь, Россия

Резюме: Обсуждаются результаты экспериментального обоснования и первые результаты клинического применения газа криптон в качестве рабочего тела для инертно-газо-усиленной монополярной плазменной коагуляции. Приводится ряд материалов по доклиническим испытаниям оригинального способа газоплазменной монополярной коагуляции, полученных в результате хронических экспериментов над свиньями. В ходе хронических экспериментов, на печень свиньи наносились стандартизированные раны, выполнялся гемостаз и холестаз с помощью газоплазменной монополярной коагуляции с применением различных инертных газов и их смесей, использованных в качестве рабочего тела. В ходе повторных оперативных вмешательств выполнен забор участков паренхимы печени, подвергавшейся газоплазменному воздействию на различных сроках – от первых до тридцатых суток от момента воздействия. Забранный материал подвергался морфологическому исследованию, по результатам анализа которого произведена оценка характера течения раневого процесса, особенности морфологических изменений паренхимы печени на различных временных сроках в зависимости от состава газа или газовой смеси, использованной в качестве рабочего тела. Впервые приводятся результаты клинического использования газа криптон в качестве рабочего тела для газоплазменной коагуляции. Рассматриваются результаты применения криптоплазменной коагуляции для гемостаза в ходе выполнения лапароскопической холецистэктомии. Выполнен сравнительный анализ ближайших результатов газоплазменной коагуляции в двух группах пациентов: при использовании в качестве рабочего тела криптона и аргона. Впервые рассматриваются вопросы возможности и экспериментального обоснования использования в качестве рабочего тела для газоплазменной коагуляции арго-криптоновой смеси с целью сокращения стоимости применения данной методики коагуляции.

ORIGINAL METHOD OF MONOPOLAR GAS PLASMA COAGULATION IN EXPERIMENT AND CLINICAL USING

Golubev A.A.¹, Shepel E.V.², Sitkin S.I.,¹ Eremeev A.G.¹

¹Tver state medical university 170000 Sovetskaya St. 4 Tver, Russia

²Tver regional clinical oncological clinic,
170028, 15 years of October St. 51, Tver, Russia

Summary: The results of the experimental study and the first results of the clinical use of krypton gas as a propulsive mass for inert-gas-enhanced monopolar plasma coagulation are discussed. A number of materials on preclinical

testing of the original method of gas-plasma monopolar coagulation, obtained as a result of chronic experiments on pigs, are given. In the course of chronic experiments, standardized wounds were applied to the pig's liver, hemostasis and cholestasis were performed using gas-plasma monopolar coagulation using various inert gases and their mixtures used as propulsive mass. Interventions, sections of the liver parenchyma were subjected to gas-plasma exposure for various periods - from the first to the thirtieth days from the moment of exposure. The collected material was subjected to a morphological study, according to the results of analysis of which the nature of the course of the wound process was evaluated, the peculiarities of the morphological changes of the liver parenchyma at different time periods depending on the composition of the gas or gas mixture used as a propulsive mass. The results of the clinical use of krypton gas as a propulsive mass for gas-plasma coagulation are presented for the first time. The results of the use of kryptonoplasmic coagulation for hemostasis during laparoscopic cholecystectomy are considered. A comparative analysis of the nearest results of gas-plasma coagulation was performed in two groups of patients: using krypton and argon as the propulsive mass. For the first time, the issues of the possibility and experimental justification of using argot-krypton mixture as a propulsive mass for gas-plasma coagulation with the aim of reducing the cost of using this coagulation technique are considered.

Ключевые слова: Электрохирургия, высокочастотная электрохирургия, газоплазменная коагуляция, спрей коагуляция, аргон усиленная коагуляция; аргон плазменная коагуляция; криптон плазменная коагуляция; рабочее тело для газоплазменной коагуляции; криптон.

Key words: Electro surgery, high frequency electro surgery, gas plasma coagulation, spray coagulation, argon plasma coagulation, krypton plasma coagulation, propulsive mass for gas plasma coagulation, krypton.

Введение: Аргон плазменная монополярная коагуляция (АГМК), вошла в хирургическую практику с 70 - ых годов XX столетия (Morrison C.F.Jr., 1977) [1] и сразу получила широкое распространение, в связи с неоспоримыми своими достоинствами: малотравматичностью, поскольку при использовании АГМК на обрабатываемой поверхности образуется поверхностный струп толщиной 0,2-0,3 мм, отсутствует карбонизация подвергаемых воздействию тканей, так как поток инертного газа препятствует контакту обрабатываемой поверхности с атмосферным кислородом, препятствуя горению, относительной простотой в использовании. Метод широко применяется во многих отраслях медицины, офтальмологии, нейрохирургии, отоларингологии, гинекологии [2; 3; 4; 5; 6]. Вместе с тем, следует отметить, что оперирующему хирургу для достижения устойчивого гемостаза зачастую необходимо производить обработку многократно, что ведет к значительному суммарному перегреву обрабатываемых тканей и вследствие - к углощению зон термического некроза и паранекротических изменений.

Цель работы: улучшение результатов использования газоплазменной коагуляции, изучение возможности применения для ГГМК других инертных газов группы благородных газов и смесей газов с целью снижения стоимости методики.

Материалы исследования. На первом этапе исследования, в период с 2010 по 2012 год в условиях вивария ФГБОУ ВО ТГМУ были проведены хронические эксперименты на лабораторных животных – 16

поросятах одной породы, женского пола массой от 10 до 12 кг. В условиях нижнегрудной эпидуральной анестезии и седации фенотепалом в экспериментальной операционной выполнялась верхнесрединная лапаротомия. На крае печени стандартизированным цилиндрическим инструментом диаметром 10 мм наносились 12 однотипных повреждений, которые подверглись КПК и АПК до достижения полного гемо- и холестаза. Для гистологического исследования материал забирался с помощью стандартизированного цилиндрического инструмента диаметром 15 мм в момент операции и при проведении релапаротомии на 1-е, 3, 7, 14, 21, и 30-е сутки. На втором этапе исследования, в период с 2012 по 2015 год, дизайн исследования был аналогичным приведенному выше. Но на данном этапе гемо- и холестаз выполнялся с применением ГПК с использованием в качестве рабочего тела смесей газов аргон и криптон. Использовались следующие варианты смесей газов: а.) 90% аргона на 10% криптона; б). 80% аргона на 20% криптона. в). 70% аргона на 30% криптона. Проводилось морфостатистическое исследование клеточного состава демаркационного воспалительного инфильтрата и ангиогенеза. Результаты морфологических исследований обработаны с помощью пакета статистического анализа.

Результаты и обсуждение. По результатам первого этапа исследования при гистологическом исследовании препаратов печени ах были получены результаты, убедительно доказывающие преимущество использования криптона в качестве рабочего тела для ГПК. Так при исследовании препаратов, полученных на— 1-ые, 3-и, 7 сутки после воздействия выявлено, что после АПК на глубине до 6 печеночных долек имела от поверхности, место эктопия печеночных вен, периферические диапедезные кровоизлияния, отек соединительнотканых прослоек, картина гидропической дистрофии паренхимы. Отмечена большая глубина зоны некроза, достигшая своего максимума на 3-и сутки в абсолютных значениях составившая $5,76 \pm 0,02$ мм. После применения КПК подобной картины обнаружено не было. Инфильтрат, отделявший некротизированные ткани на обработанной поверхности, состоял из полиморфноядерных лейкоцитов, при этом при использовании АПК объемная их плотность более чем 3 раза превышала таковую после КПК, что подтверждает большую травматичность аргонплазменного воздействия. В более поздние сроки 14-30 сутки меньшие некротические изменения после КПК приводят к более быстрому очищению раны, раньше развивается и созревает грануляционная ткань, быстрее, чем после АПК формируется рубцовая ткань, которая перекрывает всю раневую поверхность уже на 21 сутки. К 30 суткам рубец приобретает черты зрелого, и его толщина составляет $0,98 \pm 0,06$ мм, что почти в 4 раза меньше, чем после АПК ($p < 0,05$). Полученные результаты мы объясняем физико-химическими свойствами криптона. В клинической части исследования проводился сравнительный анализ результатов коагуляционного гемостаза ложа желчного пузыря с помощью различных методов коагуляции при лапароскопической холецистэктомии. Было прооперировано 63

пациента с различными формами хронического холецистита. Сравнивались результаты криптоплазменной монополярной коагуляции (основная группа - 32 пациента - КПК), аргоноплазменной монополярной коагуляции (группа сравнения – 31 пациент - АПК). Выявлено что операции в основной группе проходили быстрее со статистически значимой разницей на этапе электрохирургической обработки ложа желчного пузыря с гемостатической целью. Для пациентов группы КПК время операции составило $39,60 \pm 0,89$ мин, что на 7,5 % быстрее, чем в группе АПК ($p < 0,05$). При анализе средней длительности операций поэтапно статистически значимая разница отмечена только на этапе контроля гемостаза. Для пациентов группы КПК время электрохирургической обработки ложа желчного пузыря составила в среднем $3,62 \pm 0,21$ мин, что достоверно быстрее на 73,2 % в сравнении с АПК ($6,27 \pm 0,40$ мин). Кровопотеря в ходе оперативных вмешательств была в основном несущественной, однако максимальных и статистически значимых значений она достигала в группе пациентов, оперированных с применением АПК. Уровень гемоглобина в послеоперационном периоде упал на 4,6 % со $125,35 \pm 2,05$ г/л до $119,39 \pm 1,97$ г/л ($p < 0,05$). После использования КПК снижение уровня гемоглобина составило около 3% ($p > 0,05$). Наименьшее количество отделяемого ($143,75 \pm 11,37$ мл) и наименьшая длительность использования дренажей ($1,31 \pm 0,11$ дней) отмечены у пациентов группы КПК. В группе АПК эти параметры составили, соответственно, $169,35 \pm 10,33$ мл отделяемого ($p > 0,05$) и $1,61 \pm 0,10$ дней использования дренажей ($p < 0,05$). Летальных исходов или грубых осложнений, связанных с выбором того или иного способа гемостаза ложа желчного пузыря, не было. По результатам проведенного исследования авторами получен патент. [7] Недостатком предложенного нами способа газоплазменной коагуляции с применением криптона в качестве рабочего тела является лишь высокая стоимость криптона (см. табл. 1). Именно это обстоятельство побудило нас к поискам способов удешевления метода, путем использования аргоно-криптоновых смесей. На втором этапе исследовательской работы, в ходе хронических экспериментов на свиньях, было выявлено, что при использовании для ГПК в качестве рабочего тела аргоно-криптоновой газовой смеси в пропорции 70 на 30% соответственно, полученные результаты не уступают таковым при использовании чистого криптона. В таблице 1 приведены некоторые из полученных результатов.

Таблица 1.

Способ ГПК	Толщина струпа через 30 минут после	Толщина зоны некробиоза через 30 минут после воздействия	Объемная плотность полиморфноядерных лейкоцитов, отделявших зону некроза через 1	Толщина рубца через 30 суток после воздействия	Стоимость газа (газовой смеси) за литр
------------	-------------------------------------	--	--	--	--

	воздействи я		сутки после воздействия		
КПМК	0,37мм ± 0,04	0,67мм± 0,07	7,28± 0,46	0,9± 0,2	100 рублей
ГПМК с рабочим телом аргоно- криптоновая газовая смесь 70 на 30% соответственно	0,34мм ± 0,02	0,64мм ±0,07	7,31± 0,32	0,91 ± 0,22	30 рублей 70 копеек

Выводы. 1. Предложенный оригинальный способ газоплазменной монополярной коагуляции с применением в качестве рабочего тела инертного газа криптон достоверно более эффективен по сравнению с аргоноплазменной монополярной коагуляцией.

2. Применение аргоно-криптоновой газовой смеси в пропорции 70% на 30% соответственно, сохраняя все преимущества криптоноплазменной монополярной коагуляции позволяет удешевить предлагаемую методику ГПМК в 3.26 раза.

Список литературы:

1. Morrison CF Jr. Electrosurgical method and apparatus for initiating an electrical discharge in an inert gas flow. Patent USA 4040426 of 09.08.1977.
2. Голубев А.А. и др. Газоплазменная коагуляция печени в эксперименте [Текст] / А.А. Голубев, А.А. Доманин, П.А. Кулаков, С.И. Ситкин, В.В. Артемов, Е.В. Шепель // *Эндоскопическая хирургия*. – 2013. – Т.19, №4. – С.32-38.
3. Gjika E, Scott D, Shashurin A, Zhuang T, Canady J, Keidar M. Plasma-Tissue Interactions in Argon Plasma Coagulation: Effects of Power and Tissue Resistance. *Plasma Medicine*. 2016;6(2):125-134. doi:10.1615/plasmamed.2016016815
4. Tien D, Woodson E, Anne S. Safety of Monopolar Electrocautery in Patients With Cochlear Implants. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*. 2016;125(9):701-703. doi:10.1177/0003489416646792
5. Hashimoto T, Katai S, Goto T. Discharge responses of the optic tract to flash stimuli in Parkinson's disease. *Ann Clin Transl Neurol*. 2014;1(4):298-301. doi:10.1002/acn3.50
6. Gong E, Ahn J, Jung H et al. Effects of argon plasma coagulation on human stomach tissue: An ex vivo study. *J Gastroenterol Hepatol*. 2017;32(5):1040-1045. doi:10.1111/jgh.13636
7. Патент РФ на изобретение № 2517052/ 27.05.2014, Бюл. №15. Голубев А.А., Кулаков П.А., Артемов В.В., Артемов В.В., Шепель Е.В. Способ инертно-газоусиленной плазменной

коагуляции с использованием криптона в режиме «спрей» Режим доступа:
<http://www.findpatent.ru/patent/251/2517052.html> Дата обращения: 12.11.2018.

Благодарности: Коллектив авторов выражает искреннюю признательность коллективу ООО «ЭФА-медика» г. Санкт-Петербург, лично генеральному директору Артемову Владимиру Васильевичу, главному инженеру предприятия – Артемову Владимиру Владимировичу за неоценимый вклад в техническое обеспечение проведенного исследования. Выражаем также искреннюю признательность коллективу ООО «Акела-Н», г. Химки и лично Владимиру Николаевичу Жданову, за обеспечение исследования газами и газовыми смесями.

Информация об авторах:

1. Голубев Александр Александрович к.м.н., доцент кафедры госпитальной хирургии Тверского государственного медицинского университета; +7 910 932 16 45 Golubevendosurg@mail.ru;
2. Шепель Евгений Викторович к.м.н. хирург-онколог Тверской областной клинический онкологический клинический диспансер Тел. 8 965 722 19 25; Zheshepel@mail.ru;
3. Ситкин Сергей Иванович д.м.н., доцент, заведующий кафедрой анестезиологии, реаниматологии и интенсивной терапии Тверского государственного медицинского университета; Тел. 8 903 631 28 43; Sergey_sitkin@mail.ru;
4. Еремеев Александр Геннадьевич, к.м.н., доцент, заведующий кафедрой госпитальной хирургии Тверского государственного медицинского университета; +7 903 800 17 22 Eremeev71@rambler.ru;