

## КРИОХИРУРГИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

**Абстракт:** Низкотемпературные методы в современной хирургии с использованием криохирurgicalического оборудования на жидком азоте в качестве рабочего вещества.

**Abstract:** Low-temperature methods in modern surgery practice using cryosurgery equipment based on liquid nitrogen.

Криохирurgicalия является методикой одновременно старой и новой, и путь ее развития был весьма длинным. Криохирurgicalия середины 20-го века тесно связана с достижениями в сфере физики низких температур, промышленного получения хладагентов, техники и приборостроения. Также этому способствовало создание криохирurgicalических зондов, которые позволили с высокой точностью применять криохирurgicalическое воздействие глубоко внутри организма. Эта уникальная возможность привела к расширению использования криохирurgicalии в этот период. Криохирurgicalическое воздействие применяли при опухолях матки, неврологических, ортопедических и кожных заболеваниях.

В середине 20-го века активному развитию и внедрению криохирurgicalии в широкую медицинскую практику, как в СССР, так и мире мешало отсутствие четкого научного понимания биофизических, биохимических механизмов разрушения патологических тканей; отсутствие надежного криохирurgicalического оборудования, гарантированно обеспечивающего гибель онкологических клеток, расположенных внутри органа, ткани; отсутствие систем визуализации и контроля за процессом криодеструкции опухолевых клеток, ткани.

С конца 20-го столетия криохирurgicalия значительно эволюционировала. Это явилось результатом более глубокого изучения таких важных направлений криохирurgicalии:

- биохимические и биофизические аспекты разрушения тканей при криохирurgicalии,
- новое оборудование для заморозки,
- методы мониторинга и визуализации для криохирurgicalии.

Были проведены дополнительные гистологические и термометрические исследования, а также изучены цитодеструктивные свойства низкой температуры на культурах раковых клеток, в многослойных клеточных моделях, в математическом моделировании и в клинической практике. Это позволило более четко оценить характеристики ледяного шара, прогнозировать местные осложнения и яснее определить круг показаний к криохирurgicalическим операциям.

В результате исследований установлено, что основными факторами, оказывающими повреждающее действие на биологические структуры при воздействии низких температур, являются:

- внутри- и внеклеточная кристаллизация воды, сопровождающаяся дегидратацией внутриклеточных структур и биологических мембран в процессе замораживания и размораживания;
- повышение концентрации электролитов, вызывающее денатурацию

субклеточных структур;

- кристаллизация внутримембранной воды и мембранных структур клетки, в первую очередь ядра, митохондрий и лизосом;
- механическое повреждение структурных компонентов клетки за счет внутри- и внеклеточных кристаллизационных процессов;

Экспериментально-расчетным методом было доказано, что самые низкие температуры замерзания воды находятся в пределах от  $-40$  до  $-50^{\circ}\text{C}$ .

При быстром замораживании (скорость замораживания выше  $10^{\circ}\text{C}/\text{мин}$  и скорость продвижения фронта замораживания более  $0,5\text{мм}/\text{мин}$ ) происходит одновременная кристаллизация растворителя (воды) - первичная кристаллизация, и кристаллизация растворенного вещества - вторичная кристаллизация. Увеличение скорости замораживания, размера зоны криодеструкции ткани можно обеспечить только повышением мощности охлаждения криохирургического инструмента (холодопроизводительности).

Тепловой баланс при криовоздействии представляет собой равенство теплоты, подводимой от биоткани и теплоты, отводимой от внутренней поверхности криоинструмента (холодопроизводительность).

Процесс кристаллизации, то есть замораживание ткани начинается тогда, когда холодопроизводительность криоинструмента превышает теплоотвод от организма.

При оттаивании происходит миграционная перекристаллизация, повышающая повреждающее действие кристаллов на клетки и их структуры. Если таяние кристаллов происходит быстро, то их повреждающий эффект становится минимальным. В таких случаях шанс клетки выжить увеличивается. При медленном оттаивании кристаллы льда некоторое время продолжают расти, повреждая вне- и внутри клеточные структуры. При этом под медленным оттаиванием подразумевается полное исчезновение ледяной сферы не ранее, чем через 15 - 30 минут.

Также исследования показали, что повторное криовоздействие, выполненное сразу же после размораживания ткани, усиливает степень криодеструкции тканей - увеличивая период нахождения их в зоне «критических температур», а, следовательно - увеличивается интенсивность процессов кристаллизации и рекристаллизации. Замороженная, а затем оттаявшая ткань способна увеличить свою теплопроводность на 20%. При проведении дальнейших циклов она еще более увеличивается. Это дает возможность в более полном объеме проморозить труднодоступные участки опухолевой ткани, особенно, если они находятся вблизи крупных кровеносных сосудов.

На основании исследований, сформулированы основные принципы воздействия сверхнизких температур при удалении пораженной опухолью части органа:

- многократность (2 и более раз);
- продолжительность (от 3 до 10 минут);
- быстрая заморозка, самостоятельное медленное оттаивание;
- повторная заморозка через 20-30 минут после первого криовоздействия;
- подведение центральной части аппликатора на минимальное

расстояние к центру опухоли;

- захват зоны заморозки на 1,5-2 см дистальнее видимой границы опухоли;

- глубина промораживания тканей при понижении температуры криоинструмента от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $-180^{\circ}\text{C}$  пропорционально возрастает от 1-3 мм до 30-50 мм. [1, 2].

В это же время отрабатывались и медицинские методики проведения криодеструкции, выполняемые различными видами доступа: лапаротомный, лапароскопический, транскутанный (чрескожный) [1, 2].

Лапаротомный доступ обеспечивает проведение полноценной визуальной и пальпаторной ревизии, интраоперационного ультразвукового исследования позволяют достичь наиболее полной оценки состояния органа. Кроме того, криодеструкция при данном виде доступа является составной частью оперативного вмешательства наряду с резекцией части органа. В таких случаях применяются криоинструменты с аппликаторами.

Развитие методов лапароскопической диагностики - визуальной, инструментальной ревизии и УЗИ позволило приблизить возможности лапароскопической ревизии к возможностям лапаротомной. Ультразвуковой датчик, который вводят через лапароскопический разрез, помогает хирургу определить локализацию опухоли, обеспечить размещение криоинструмента и контроль степени разрушения опухоли ледяным шаром, созданным в ходе криодеструкции.

Лапароскопический доступ может быть эффективно применен преимущественно при солитарных поверхностно расположенных метастазах.

При транскутанном (чрескожном) доступе хирург вводит зонды для криоабляции в ткань опухоли через кожу. Размещение криозондов и разрушение опухоли контролируют при помощи магнитно-резонансной томографии (МРТ), компьютерной томографии (КТ) или ультразвукового исследования (УЗИ) [2, 3, 4, 5].

После накопления правильных представлений о механизмах и условиях, вызывающих криодеструкцию той или другой биологической ткани, проведения многочисленных исследований и разработок, были сформулированы основные принципы и базовые технические требования к современной криохирургической аппаратуре, реализация которых и определяет эффективность применения криохирургических операций в клинической практике:

- высокая холодильная мощность – обеспечение минимальной температуры рабочей поверхности криохирургического инструмента находящегося в контакте с патологическим очагом, что подлежит криодеструкции, на уровне минус  $180^{\circ}\text{C}$  и ниже;

- обеспечение возможности задания, достижения и удержания с высокой точностью реализации любой температуры криовоздействия в пределах рабочего диапазона температур от  $0^{\circ}\text{C}$  до минус  $180^{\circ}\text{C}$  и ниже и длительное удержание температуры на данном уровне с высокой точностью;

- обеспечение измерения с высокой точностью реальной температуры рабочей поверхности криоинструмента и зоны замораживания во время проведения криовоздействия;

- обеспечение УЗИ сканирования, МРТ, КТ, СКТ визуализации, построение трехмерной реконструкции образований в органах;
- наличие широкого набора криоинструментов и криоаппликаторов;
- автоматическое управление работой аппарата и процессами криовоздействия - замораживания и оттаивания;
- непрерывное слежение за динамикой роста зоны замораживания и измерение ее размеров в трехмерной ориентации.
- высокая надежность, эргономичность, простота и удобство в эксплуатации;
- пожаро-, взрыво- и токсикологическая безопасность;
- воспроизводимость параметров криовоздействия;
- индикация всех необходимых параметров криовоздействия;
- задание и отсчет времени криовоздействия;
- универсальность и надежность узлов стыковки;
- подготовка криохирургической установки к работе и ее непосредственное действие не должно приводить к потере темпа всего операционного процесса, что особенно важно в случае, когда применение криохирургической установки потребовалось уже в ходе операции и не планировалось заранее;
- безопасность процесса заправки;
- унификация основных узлов и элементов аппаратов, таких как криостаты, криопроводы, разъемы, клапаны, датчики температуры и давления, насосы, элементы, криоинструменты и криоаппликаторы, что позволит быстро создавать оборудование для решения конкретных задач;
- экономичность – низкая потребляемая мощность, оптимальный расход криоагента.

Учитывая перечисленные знания о механизмах криодеструкции и сформированных требований современный криоаппарат должен состоять из следующих основных элементов:

- блок хранения и подачи хладагента;
- блок управления;
- криопровод с криоинструментом;
- блок термометрии;
- блок УЗИ контроля;
- блок визуализации.

При создании аппаратов могут быть применены следующие принципы охлаждения криоинструмента:

- с использованием теплоты фазового перехода (переход хладагента из жидкой фазы в газовую);
- с использованием эффект Джоуля – Томпсона (охлаждение или нагревание газа-хладагента в процессе дросселирования);
- с использованием прокачки холодного теплоносителя;
- с использованием термоэлектрического эффекта Пельтье (выделение или поглощение теплоты при прохождении электрического тока через контакт двух различных проводников).

В аппаратах криохирургии, используемых в настоящее время, предпочтение отдано принципам с использованием теплоты фазового перехода и эффект Джоуля – Томпсона.

В процессе развития были опробованы и применялись различные хладагенты: жидкий азот, аргон, гелий, закись азота, углекислота, фреон, физические свойства которых определяют эффективность и область применения криохирургического аппарата.

В настоящее время, в криохирургии широко используются аппараты с применением инертных газов азота (в жидкой фазе), аргона и гелия [1, 2].

В аппаратах с использованием теплоты фазового перехода применяется жидкий азот. Применение жидкого азота мотивируется, наиболее приемлемыми физическими и техническими характеристиками (обладает самой высокой удельной теплотой испарения, достаточно низкой температурой кипения, не токсичен), а также, условиями транспортировки, хранения (не требует сосудов высокого давления), экономической выгодой и доступностью для всех периферийных (муниципальных) онкологических отделений медучреждений.

В криогенных системах, работающих на жидком азоте, теплоотвод от биологической ткани осуществляется при кипении жидкого азота на теплообменнике криоинструмента, находящегося в контакте с биологической тканью. Превращение жидкого азота в газообразное состояние вызывает быстрое поглощение большого количества тепла (39 ккал на литр азота) и соответственно резкое снижение температуры теплопроводящих материалов. Кипение азота происходит при пониженном давлении при активной откачке паров азота из полости криоинструмента.

Аппараты такого типа чаще используются при операциях с лапаротомным и лапароскопическим доступом с применением криоинструментов аппликаторного и пенетрационного типа.

Создание и развитие криохирургических систем с использованием эффекта Джоуля-Томсона связано с созданием тонких игл (диаметром 1,7; 2,4; 3,8 мм) для криодеструкции (криоабляции) и применением газообразного аргона для охлаждения и газообразного гелия для оттаивания. Причем аргон и гелий находятся в отдельных металлических баллонах емкостью 40 л и под давлением порядка 400 bar (атм.), 40,0 МПа [6, 7].

Применение газообразного аргона снижает эффективность криовоздействия за счет того, что теплоемкость сжиженного криоагента в несколько раз выше газообразного, находящегося при аналогичной температуре. Это значит, что отвод тепла в установках, используемых сжиженные газы, значительно выше.

В иглах за счет эффекта Джоуля-Томсона обеспечивается изменение температуры газов расширяющихся через маленькое дроссельное отверстие, с высокого давления до атмосферного. Изоэнтальпийное расширение, в случае применения аргона, приводит к его резкому охлаждению до температуры порядка  $-140^{\circ}\text{C}$ . В случае подключения гелия к игле, он при расширении нагревает иглу. Включение в состав системы, обусловлено необходимостью быстро нагреть иглу в аварийном случае или обеспечить оттаивание «айс-бола».

Аппараты такого типа чаще используются при операциях с транскутанным (чрескожным) доступом.

Тонкие, иглы (зонды), можно вводить в патологические очаги посредством эндоскопии или через кожу с использованием интраоперационной ультрасонографии, трехмерного ультразвукового мониторинга, МРТ- и КТ- контроль криоабляции [6, 7].

В зависимости от размеров и локализации патологического образования можно одновременно ввести несколько зондов в одно или несколько новообразований в теле пациента.

Но при этом при использовании такой криосистемы наличие в операционном блоке баллонов с высоким давлением влечет за собой необходимость дополнительного усиленного контроля за пневматическими системами установки, дополнительного обслуживания, персонала. Когда давление в баллонах снижается ниже величины 300 bar, необходимо производить дозаправку баллонов. В мире существует лишь несколько фирм, способных поднять давление в баллонах с аргоном до 400 атм. Стоимость этой процедуры достаточно велика. Кроме того, в процессе криовоздействия рабочая часть криоинструмента «прилипает» к органу. Чтобы не увеличивать время операции необходимо прогреть криоинструмент до плюсовой температуры. Для этого осуществляют прокачку через криоинструмент газообразного гелия из отдельного баллона. В итоге это также ведет к дополнительным расходам на обслуживание и, следовательно, стоимости операции.

Кроме того, в связи с малым диаметром криоигл их выпускают в качестве одноразового, стерильного инструмента, что также ведет к дополнительным расходам.

На сегодняшний день на рынке криохирургического оборудования представлено оборудование зарубежных и отечественных фирм [2, 6 - 9].

Основными зарубежными игроками на данном рынке являются израильские (Galil Medical), американские (HealthTronics, Inc., Medtronic Inc., Sanarus, ANS Medical и др.), аппараты которых разработаны с использованием эффекта Джоуля-Томсона и хладагентов аргон и гелий.

Наибольшее распространение за рубежом получили аппараты фирм Galil Medical и HealthTronics, Inc [6, 7].

Galil Medical представлен следующими криоаппаратами Visual-ICE Cryoablation System, SeedNe for MRI, SeedNet.

Данные системы предназначены для минимально инвазивного лечения широкого спектра злокачественных и доброкачественных опухолей в таких областях как общая хирургия, дерматология, нейрохирургия, торакальная хирургия, гинекология, онкология, проктология и урология в стационарных и амбулаторных условиях.

Возможность лечения под контролем ультразвука или компьютерной томографии позволяет четко контролировать процесс установки игл, а также формирование «ледяного шара» («айс-бола») в режиме реального времени. Управление изображением объединено с температурным мониторингом в режиме реального времени, что обеспечивает возможность чрескожного

лечения чувствительных органов и делает процедуру безопасной и контролируемой.

Для формирования зоны замораживания предназначены различные виды игл, позволяющие учитывать размер и форму опухоли в каждом конкретном случае. Благодаря чрескожному введению игл, в ходе сеанса лечения возможны как криоабляция множественных опухолей, так и деструкция опухоли большого объёма.

Охлаждение длится около 10 минут. Затем в эти же криоиглы подают газ гелий, который нагревает их и ледяной шар оттаивает. Для надежности уничтожения раковых клеток, цикл заморозки и оттаивания повторяют 2 раза. При это ткани, где нет опухоли остаются не поврежденными. В них, на границе со злокачественной опухолью вводят специальные иглы, в которые вмонтированы микротемпературные датчики, показывающие температуру близлежащих здоровых тканей. Если температура начинает понижаться ниже допустимого уровня, то процесс заморозки приостанавливают и переключаются на процесс согревания.

Системы оснащены:

- блоками компьютерного контроля процессов замораживания и оттаивания с удобным в использовании программным обеспечением;
- малоинвазивными иглами (до 25 шт.) и температурными датчиками (термосенсорами) до 5 шт.;
- большими плоскими экранами;
- сенсорными панелями;
- считывателями штрих-кода.

Аппарат Cryocare CS фирмы HealthTronics, Inc. имеет характеристики аналогичные аппаратам

На зарубежных рынках также представлены аппараты:

- CryoMaze, производства ANS Medical, предназначен для хирургического лечения фибрилляции предсердий, то есть не предусматривает деструкцию больших объемов ткани;

- Visica 2, производства Sanarus США, предназначен для деструкции опухолей молочной железы на начальной стадии развития, в связи с чем, имеет только один тип криоинструмента и способен разрушать опухоли не более 3 см в диаметре. В аппарате в качестве криоагента используется жидкий азот;

- ERBE Cryo6, производства Erbe electromedizin, Германия, предназначен для девитализации метастазов печени и предстательной железы. Аппарат работает с использованием теплоты фазового перехода жидкого азота. Криодеструкция при помощи аппарата ERBE Cryo6 может осуществляться как из классических, так и чрескожных доступов под ультразвуковым наведением. Диагностическая локализация метастазов достигается благодаря методу интраоперационной сонографии.

В этих установках сжиженный азот непрерывно прокачивается под давлением 15 bar (атм.) через теплообменную камеру с целью сбить установившийся режим пленочного кипения новой порцией криоагента (экстенсивный теплообмен). Прокачка под давлением сжиженного азота приводит к тому, что температура кипения его повышается до уровня минус

175°C. Минимально достижимая в такой конструкции реальная температура криовоздействия – минус 140°C [10]. В настоящее время аппарат ERBE Cryob снят с производства.

Аппарат ERBE Cryob был представлен на отечественном рынке. Опыт применения этого аппарата в Институте хирургии имени А.В. Вишневского показал.

Криодеструктивные вмешательства выполнялись по поводу злокачественных новообразований печени, в том числе и лапароскопическим доступом. Так же применялись и чрескожные вмешательства под ультразвуковым контролем.

Было отмечено, что с применением данной установки невозможно добиться заявленной фирмой-производителем температуры. Криозонды имели значительный диаметр, что диктовало необходимость практически всегда дополнительно использовать локальные гемостатические средства. Развитие большого числа осложнений, в том числе таких, как внутрибрюшное кровотечение, абсцессы печени, тромбоз НПВ, почечная недостаточность, выраженный асцит. Все это, включая значительную продолжительность циклов активной заморозки и размораживания, послужило причиной отказа от использования данной установки [11].

В 22 российских лечебных учреждений, в том числе, в Институте хирургии имени А.В. Вишневского, Санкт-Петербургском городском клиническом онкологическом диспансере, НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского с 2007 года применяется криохирургическая установка «Крио-Пульс», производимая фирмой Пульс, Украина. Данная установка «Крио-Пульс» зарегистрирована в России как «Крио-МТ [9].

Областями применения криохирургической установки «Крио-Пульс» являются: абдоминальная хирургия; гинекология; проктология; дерматология; опухоли молочной железы; урология; ортопедическая хирургия; нейрохирургия; оториноларингология; стоматология; офтальмология.

Установка имеет следующие технические характеристики:

- температурный интервал криовоздействия, (°C) - 0/-180 (в месте контакта с тканью);
  - объем зоны замораживания, (см<sup>3</sup>) - от 5 до 180 (в зависимости от типа аппликатора);
  - используемый криоагент - жидкий азот;
  - время экстренного отогрева, (мин.) - 2,0;
  - время выхода на рабочий режим, (мин.) - не более 3;
  - рабочее давление: 2,5 Атм;
  - потребляемая мощность, (Вт) – 600;
  - габариты, (мм) - 400×600×1400;
  - масса, (кг) – 85;
  - количество сменных криоаппликаторов – 16;
  - криоинструмент базовый: диаметр 12 мм, длина канюли 195 мм;
- области применения: абдоминальная хирургия, дерматология, гинекология, проктология;



- криоинструмент прямой: диаметр 6 мм, длина канюли 205 мм, длина рабочей части 40 мм; области применения: проктология, дерматология, рак молочной железы, гинекология;

- криоинструмент изогнутый: диаметр 6 мм, длина канюли 205 мм, длина рабочей части 40 мм; области применения: урология, гинекология.

Конструкция криоинструментов обеспечивает возможность паровой стерилизации.

Очевидно, что процесс охлаждения и глубина замораживания ткани определяется, в первую очередь, холодопроизводительностью процесса испарения хладагента в рабочем наконечнике криоинструмента. Однако, в криогенике существуют определенные ограничения на теплопередачу в криогенных жидкостях, связанные с характером процесса кипения жидкости на поверхности нагретого физического тела.

В 2013 году прошёл все необходимые доклинические и клинические испытания и получил сертификацию аппарат криохирургический АКХа-03, разработки ЗАО «ИК Биомедстандарт», на котором в настоящее время проводятся операции по поводу злокачественных новообразований головного мозга человека. На базе данного аппарата ведутся работы по созданию линейки криохирургических аппаратов для абдоминальной хирургии, лечения патологий молочной железы, лёгких, костных и мягких тканей, а также мочеполовой системы человека.

В 2014 году в стадии регистрации в Росздравнадзоре находится Аппарат криохирургический для абдоминальной хирургии АКХа-03А с принадлежностями. Область применения аппарата – абдоминальная хирургия; проведение экспериментальных работ на модельных средах и животных.

Основные параметры и характеристики.

- аппарат должен работать от сети переменного тока напряжением  $(220\pm 22)$  В, частотой 50 Гц;

- потребляемая каждым аппаратом мощность должна быть не более 180 В·А;

- габаритные размеры корпуса аппарата должны быть не более 400x400x1300 мм;

- масса должна быть не более: 33 кг без сосуда Дьюара; 40 кг с заправленным сосудом Дьюара максимальной емкости;

- в качестве криоагента в аппарате должен использоваться жидкий азот особой чистоты по ГОСТ 9293-74;

- аппарат должен обеспечивать температурный интервал криовоздействия в диапазоне от минус 205 до 180°C;

- время выхода на температурный режим охлаждения должно быть не более 1 мин;

- регулировка времени охлаждения криоинструмента после выхода на температурный режим охлаждения должна быть в диапазоне от 5 до 600 с. Допускаемое отклонение от установленного значения должно быть не более  $\pm 10\%$ ;

- время отогрева рабочей части криоинструмента до температуры 0°C должно быть не более 2 мин;

- скорость охлаждения патологической ткани в центре заморозки должно быть не менее 40°С/мин;
- время непрерывной работы в режиме криодеструкции должно быть не менее 30с. Время непрерывной работы аппарата от одной заправки криоагентом (5,2 л) должно быть не менее 60 мин;
- время подготовки аппарата к работе (включая замену сосуда Дьюара) должно быть не более 5 мин;
- показатели индикатора криоагента «УРОВЕНЬ АЗОТА» должны быть в пределах: при максимальном заполнении аппарата 5,2 л; при полном использовании криоагента 0,1 л;
- значение усилий перемещения аппарата по ровному полу, покрытому плиткой, не должны превышать: 200 Н – при трогании с места; 100 Н – в движении.

Вышеуказанные образцы российского криохирургического оборудования, разработки ЗАО «ИК Биомедстандарт» не уступают, а по ряду параметров превосходят, по своей лечебной эффективности зарубежные аналоги. При этом стоимость данных аппаратов в 10-12 раз ниже мировых аналогов. В качестве рабочего вещества в данных аппаратах используется жидкий азот и многоразовый криоинструмент, что позволяет на порядок снизить стоимость оперативного вмешательства. Данные криоаппараты просты в эксплуатации и не требуют дополнительного обслуживающего инженерного персонала во время эксплуатации. Криохирургические операции относительно просты в исполнении, что дает возможность за относительно короткое время обучить хирурга средней квалификации данным методам работы.

Анализ существующего зарубежного оборудования для криохирургии показывает, что предлагаемое оборудование либо универсальное, достаточно сложное и дорогое и предназначенное для использования в многопрофильных лечебных учреждениях, либо простое, дешевое, но обладающее недостаточной тепловой мощностью и не позволяющее отслеживать и стабилизировать температуру воздействия.

Практика проведения лечения с использованием криохирургических методов показывает, что для проведения операций различного профиля требуются аппараты различной тепловой мощности, с различным набором криоинструментов и криоаппликаторов, а также с различной степенью автоматизации и контроля. Очевидно, что для проведения операции по криодеструкции кожных образований нет необходимости применять такой же аппарат, как для криодеструкции опухоли печени, а для офтальмологических операций набор инструментов должен быть другим, чем в гинекологии. В крупных медицинских центрах целесообразно иметь не только один сложный универсальный криохирургический аппарат с сопровождением интраоперационной ультрасонографией, трехмерным ультразвуковым мониторингом, МРТ- и КТ- контролем криоабляции, но и несколько более простых и дешевых, специализированных аппаратов. А в муниципальных медучреждениях простые и дешевые, специализированные аппараты.

Стоимость одного криохирургического аппарата производства

зарубежных компаний составляет порядка 12-14 миллионов рублей с учётом расходных материалов. В силу высокой цены владения данными аппаратами, стоимость операции для пациента в РФ достигает 450 - 500 тысяч рублей.

В связи с этим возникает необходимость внедрения в широкую медицинскую практику криохирургических методов с использованием российского оборудования, отвечающего мировым стандартам качества, обладающего высокой лечебной и экономической эффективностью, различающихся назначением, холодопроизводительностью, степенью автоматизации.

## **ЛИТЕРАТУРА**

- 1 Гранов А.М., Давыдов М.И. Интервенционная радиология в онкологии (Пути развития). Научно-практическое издание. С-Пб. ФОЛИАНТ, 2013. - 545 стр.
- 2 Ханевич М.Д., Манихас Г.М. Криохирургия рака поджелудочной железы. СПб. 2011. - Аграф +. 228 с.:ил.
- 3 Keogan M.T., Edelman R.R. Technologic advances in abdominal MR imaging. //Radiology 2001-Vol.220:-P310–320.
- 4 Matsumoto R. Seling AM Colucci VM et al. MR monitoring during cryotherapy in the liver: predictability of histologic outcome. //J. Magn. Resonance imaging 1993 Vol.3 №5 P.770-776.
- 5 Morrin M.M., Rofsky N.M. Techniques for liver MR imaging. // Magn. resonance imaging clinics of Nort. America. 2001.- N9(4).-P.75-96.
- 6 <http://www.galilmedical.com>, Galil Medical
- 7 <http://www.healthtronics.com>, HealthTronics
- 8 <http://www.sanarus.com>, Sanarus
- 9 <http://cryo-pulse.com/ru>, Научно-производственная фирма «Пульс»
- 10 <http://www.erbe-med.com/ru/Mjedizinskije-tjehnologii/public/Glavnaya>, Компания ERBE Elektromedizin (Германия)
- 11 Zhao A.V., Ionkin D.A., Zhavoronkova O.I., Vetsheva N.N., Shurakova A.B., Kungurtsev S.V., Criodestruction technology for liver and pancreatic malignancies.// 10th Congress E-АНРВА. 2013. 29th-1st May. Belgrade. Serbia. Book of abstracts. P304. P.549.