

Возможности применения малогабаритных автономных криогенных аппаратов в детской хирургии

Possibilities of use of small autonomous cryogenic apparatus in pediatric surgery

А.В.Буторина¹, Д.И.Цыганов², А.В.Пушкарев^{2,3}, А.В.Шакуров³

¹Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, г.Москва

²Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, г.Москва

³МГТУ им. Н.Э.Баумана, г.Москва

Результаты физико-технических исследований и разработанные криогенные и сверхвысокочастотные электромагнитные технологии лечения врожденных заболеваний позволяют с успехом лечить детей с гемангиомами, ранее подвергавшихся тяжелым и многоэтапным операциям, сокращают сроки лечения, предупреждают рецидивы заболевания и обеспечивают не только полное излечение заболевания с хорошим результатом (99,8%), но и сохраняют ребенку жизнь и внешность.

Ключевые слова: криохирургия, гемангиома, криодеструкция, сверхвысокочастотное электромагнитное поле;

The outcomes of physical and engineering research and the developed cryogenic and microwave technologies for the congenital diseases treatment present the methods to cure children with haemangiomas which were earlier subjected to the heavy and multistage operations, and also to reduce the treatment period, to prevent the disease relapses and provide not only full recovery (99.8%) but sustain the child's life and save his appearance.

Key words: cryosurgery, hemangioma, cryodestruction, high frequency electromagnetic field.

Современные достижения медицинской техники позволяют широко использовать в лечебной практике различные физические воздействия, реализуемые с помощью лазерного луча, ультразвуковых волн, электромагнитного поля, высоких и низких температур. Хирургия с применением криогенных аппаратов и систем представляет самостоятельное многоплановое направление, охватывающее основные дисциплины медицины.

Опыт развития проблемы подтвердил, что задачи, которые выдвигает лечебная практика, необходимо решать на стыке ряда направлений науки: биофизики, криогеники, физики излучений, теплофизики, биологии и медицины. Только синтез научных знаний в этих областях позволяет изучить теплофизические свойства (ТФС) биоткани как объекта лечения, провести корреляцию теплофизических свойств с параметрами режимов воздействия и на этой основе создать адекватные практические технологии для медицинской практики.

Биоткань, как теплофизический объект воздействия, представляет собой многокомпонентное, капиллярно-пористое, влагосодержащее, анизотропное тело, состоящее из нескольких слоев с существенно различными ТФС, например, кожи, подкожной жировой клетчатки, мышцы, кости и т.д., в которых могут образовываться патологические включения. В биоткани *in vivo* присутствуют тепловыделения за счет кровотока и метаболизма. Биоткань является энергетически насыщенной структурой. Криоинструмент, даже охлаждаемый с помощью мощной криогенной системы с большой холодопроизводительностью, является лишь точечным источником холода. Поэтому, при

рассмотрении процесса криовоздействия учитывалась эффективная теплопроводность биоткани *in vivo*, отражающая всю энергетику живой биоткани. (5)

Наконечник криохирургического инструмента приводится в соприкосновение с объектом криовоздействия - патологическим образованием. Внутри наконечника подается жидкий азот при температуре $\sim 77\text{K}$. Возникающий температурный градиент приводит к тому, что тепло начинает от биоткани передаваться к стенкам наконечника и от них к жидкому азоту, который частично или полностью вскипает и удаляется из наконечника. Температура биоткани около наконечника начинает понижаться. При понижении температуры биоткани ниже криоскопической ($\sim -1^\circ\text{C}$) вода, содержащаяся в биоткани, начинает переходить в твердое состояние, в результате чего выделяется большое количество скрытой теплоты льдообразования ($\sim 333 \text{ Дж/г}$). Этот фазовый переход растянут в некотором диапазоне температур, причем большая часть свободной воды кристаллизуется при температурах выше -25°C . В зоне, где вода, содержащаяся в биоткани, замерзла, тепловыделения отсутствуют. На границе между биотканью и окружающей средой происходит теплообмен в результате естественной конвекции. В области удаленной от места криовоздействия температура биоткани равна начальной $T_0 \cong 310\text{K}$. В случае криовоздействия на небольшой объект температура на удаленных от наконечника границах так же может понижаться. Зона некроза в биоткани при криовоздействии меньше замерзающей зоны. Методом моделирования выявляются основные закономерности формирования замерзающей зоны на базе реальных ТФС биоткани, используя известные данные, по соотношению размеров замерзающей зоны и зоны некроза, можно провести оптимизацию параметров режима криовоздействия для различных патологических образований, что является основой для обоснования технических требований к медицинской технике.

Основные научные и инженерные результаты работы прошли клиническую апробацию. Широкое применение локального низкотемпературного воздействия связано с использованием специальных аппаратов и криогенных систем, что позволило расширить возможности данного метода.

Еще великий Гиппократ писал «Холод и помогает и убивает ...». Благодаря таким важным свойствам, как практически полная безболезненность, косметическая лояльность, отсутствие кровотечения и заметной общей реакции организма; низкотемпературное воздействие получило название – «хирургия без скальпеля».

Гемангиомы - часто встречающиеся доброкачественные сосудистые образования, которые составляют 50% среди прочих опухолей мягких тканей у детей. Нередко даже небольшие сосудистые опухоли у новорожденных могут проявлять бурный рост, достигая больших размеров, занимая половину лица или обширную поверхность тела ребенка. Наибольшей активностью роста обладают гемангиомы у детей первого полугодия жизни, с преимущественной локализацией в области головы и шеи. Многие врачи просто теряются при виде быстрорастущих гемангиом и начинают применять то один, то другой метод лечения, что затягивается на неоправданно длительный период и может привести к тяжелым косметическим и функциональным нарушениям, которые очень трудно ликвидировать, а иногда они остаются на всю жизнь. (1-4)

В последнее время частота оперативных вмешательств при гемангиомах снизилась в 50 раз. При лечении гемангиом ставятся следующие задачи: прекращение роста гемангиом, ликвидация опухолевого процесса, достижение наилучшего функционального и косметического результата.

Для лечебного воздействия применяется аппаратный криогенный метод (рис. 1), где в качестве хладагента используется жидкий азот, с температурой кипения -196°C . Преобладает амбулаторный способ лечения, без существенных материальных затрат. Оптимальная продолжительность криовоздействия составляет 10-25 сек. Площадь криовоздействия не должна превышать - 10 кв.см. При обширных гемангиомах лечение проводится в несколько этапов. Эпителизация идет под струпом в течение 2-3-4 недель.

Через 2-3 месяца цвет поверхности криовоздействия бледнеет, размягчается и приобретает окраску окружающей кожи. Осложнения после криогенного лечения наблюдаются крайне редко в 0,2% случаев.

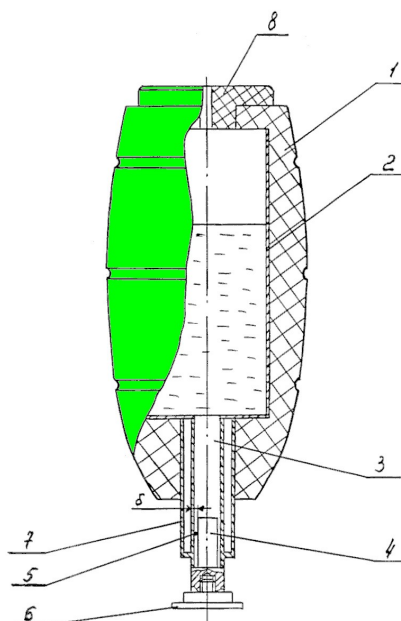


Рис. 1. Малогабаритный автономный криогенный аппарат.

1 – корпус; 2 – сосуд; 3 – канюля; 4 – стержень; 5 – кольцевой зазор; 6 – наконечник; 7 – оболочка; 8 – крышка.

Отмечены, следующие преимущества предложенного аппаратного криогенного метода лечения гемангиом с использованием жидкого азота по сравнению со «снегом» диоксида углерода:

- аппаратный метод криодеструкции делает процедуру более простой и позволяет экономить время, необходимое для формирования поверхности снежного комка по форме и размеру образования (достаточно лишь сменить криоаппликатор);
- пенопластовая изоляция резервуара с жидким азотом надежно защищает руки хирурга от действия холода;
- клиническое течение после криодеструкции с использованием жидкого азота, характеризуется образованием сухого струпа и четко ограниченным очагом криовоздействия;
- малое количество осложнений после криодеструкции (ни в одном случае наблюдений не обнаружено образование келоидных рубцов).

Успех лечения достигнут в 100% случаев. Очень важной стороной лечения является получение хороших косметических результатов (99,8%), благодаря особенностям регенерации кожи после криогенных вмешательств (органотипическая регенерация) (рис. 2). Не менее значимо и то, что благодаря этой методике сохраняются неповрежденными нервы и мышцы.



Рис. 2. Ребенок с гемангиомой до и после криогенного лечения.

Необходимо помнить, что вода, являясь основным компонентом биологических тканей, определяет их теплофизические свойства. Температура кристаллизации воды в биологических тканях зависит от ее состояния. Можно выделить три состояния воды в биологических тканях: свободная, слабосвязанная (иммобилизованная) и прочносвязанная (гидратационная). Вода отвечает за физические процессы при замораживании и замерзает при замораживании биоткани не при 273,15 К, а в диапазоне температур от криоскопической (270,5-272,5 К) до эвтектической (223-248 К), причем зона замораживания, как правило, больше зоны некроза, и для большинства тканей соотношение диаметров этих зон достигает в среднем значения 1,28. При температуре ниже нулевой, замерзает свободная вода. Гидратационная вода в живом организме прочно связана с белками. На основании результатов исследования зависимости теплопроводности и структуры биоткани от режима замораживания становится понятна физическая картина формирования зоны замораживания при криовоздействии. (5)

Применение малогабаритных автономных криогенных аппаратов и технологий позволило разработать альтернативные методы лечения у новорожденных и детей раннего возраста, которые позволяют с успехом лечить детей, ранее подвергавшихся многоэтапным операциям, а так же предупредить рецидивы заболевания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кандель Э.И. Крихирургия. М., 1974, 303 с.
2. Краковский Н.И., Таранович В.А. Гемангиомы. М., 1974, 168 с.
3. Ситковский Н.Б., Гераськин В.И., Шафранов В.В., Новак М.М. Лечение гемангиом у детей жидким азотом. Киев, 1968, 120 с.
4. Федорев Г.А. Гемангиомы. Л., 1974, 192 с.
5. Цыганов Д.И. Теоретические и экспериментальные основы, создание криохирургической аппаратуры и медицинских технологий ее применения. Дисс. докт. техн. наук, М., 1994, 315с.