

А.М. Беляев, Г.Г. Прохоров, И.А. Буровик, Д.В. Оконечникова

Технология пункционной криоабляции метастатических поражений костей

ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава Российской Федерации, Санкт-Петербург

В комплексном паллиативном лечении 32 больных с четвертой стадией заболевания с метастазами в костях была выполнена пункционная криоабляция опухолевых очагов. Каждому пациенту в зависимости от объема поражения проведено от одной до восьми процедур. Использовано новое отечественное азотное оборудование, оснащенное инструментами многократного применения. Процедуры криоабляции выполняли в кабинете компьютерной томографии (КТ) с использованием робототехнической навигации, а также в операционной под ультразвуковым мониторингом. Показаниями к процедуре служили выраженный болевой синдром, прогрессирование заболевания, профилактика патологического перелома, невозможность выполнения хирургического лечения у коморбидных больных. При выполнении криоабляции число и диаметр криозондов, длину иглы и криокамеры криозондов, направление введения и их взаимное расположение определяли в зависимости от размеров и формы опухолевого очага. Детально описаны техника пункционного доступа и правила мониторинга. Рекомендовано избегать разрушения тазового кольца, тазобедренного сустава, тел и дужек позвонков, боковых отделов крестца, а также мест прилегания к кости нервных стволов. Процедуру криоабляции нельзя планировать в случае вовлечения в опухолевый процесс кожи, стенки полого органа, спинного мозга. Высока опасность перелома после выполнения тотальной криоабляции метастаза, если он охватывает более трети диаметра трубчатой кости.

Ключевые слова: криохирургия, криоабляция, метастазы, опухоли костей

Актуальность

Метастатические поражения костей сопровождаются болевым синдромом, функциональными ограничениями, опасностью патологических переломов. Они нередко определяют неблагоприятный исход заболевания даже после успешного удаления основного опухолевого очага, не

всегда отвечают на химиотерапию, носят множественный характер и потому часто не подлежат лучевой терапии. Известно, что чаще остальных опухолей метастазирование в кости характерно для рака молочной железы, опухолей легких. При этом наиболее часто поражаются позвоночник, кости таза и ребра. Современные возможности криохирургии расширились и по-прежнему опираются на опыт отечественных [1, 2] и зарубежных хирургов [3–5], но уже с применением технологии криоабляции на базе аргон-гелиевого оборудования [6, 7]. Одно из основных требований современной медицины заключается в том, что проводимые лечебные и диагностические манипуляции должны быть максимально безопасными. Альтернативой открытым хирургическим вмешательствам при опухолях костей становятся миниинвазивные методы чрескожной абляции. В случае криоабляции КТ является оптимальным методом контроля навигации инструментов и процесса криодеструкции [10].

Материалы и методы

В ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России в качестве паллиативного лечения была выполнена пункционная криоабляция очагов поражения у 32 больных с четвертой стадией заболевания с метастазами в костях. Данные о локализации вторичных очагов представлены таблице, у двух пациентов имелось два очага поражения. Каждому пациенту в зависимости от объема поражения было проведено от одной до восьми процедур; всего было выполнено 54 вмешательства. Использовано новое отечественное азотное оборудование «Система медицинская криотерапевтическая (МКС)» [11, 12], оснащенное инструментами многократного применения. Предварительно в экспериментах была разработана технология пункционной стереотаксической криоабляции опухолей костей с патоморфологическим и метрولوجическим изучением изменений прочности бедренной кости после криодеструкции [9].

Процедуры криоабляции выполняли в КТ кабинете, в том числе с использованием робот-ассистированной навигации и с применением КТ-флюороскопии, а также в условиях малой операционной под ультразвуковым мониторингом.

Показаниями к процедуре служили выраженный болевой синдром, прогрессирование заболевания на фоне проводимой терапии, профилактика и предупреждение возможного патологического перелома и невозможность хирургического лечения в силу выраженной сопутствующей патологии. Исходными данными служили результаты остеосцинтиграфии, КТ и магнитно-резонансной

Локализация метастазов, подвергшихся процедуре криоабляции

Локализация метастатического очага	Число пациентов	Число криоабляций
Таз	12	16
Позвоночник	8	12
Грудина	3	3
Ребра	2	2
Стопа	1	1
Кости голени	4	7
Бедренная кость	2	9
Плечевая кость	2	4
Итого	32	54

томографии (МРТ). Выбор именно методики криоабляции как оптимального способа в сравнении с иными подходами в каждой клинической ситуации определял консилиум с участием врачей-лучевых терапевтов, хирургов, анестезиологов и химиотерапевтов, исходя из реальных возможностей учреждения. После полного обследования пациентов обсуждались клиническая обоснованность вмешательства, возможность четкой визуализации очага, безопасность пункционного доступа к нему, степень возможного последующего снижения механической прочности кости, соответствие криогенной мощности оборудования объему поражения. В дальнейшем уточняли особенности, связанные с навигацией инструментов и мониторингом процедуры.

Результаты

После решения вопроса о клинической целесообразности вмешательства само выполнение пункционного доступа к опухолевому поражению кости являлось техническим этапом. При внутрикостном распространении опухоли основным способом контроля за продвижением инструментов в заданную точку служила компьютерная томография. Применение высокопольной МРТ было ограничено ввиду магнитных свойств вспомогательных инструментов и криозондов. Флюороскопическая приставка к КТ аппарату и робототехническое оборудование облегчали позиционирование инструментов в случае глубокого расположения очага поражения. Ультразвуковой мониторинг был возможен в случаях разрушения кортикальной пластинки и формирования мягкотканого компонента. При ультразвуковой навигации для контроля над продвижением инструментов обычно использовали метод «свободной руки».

Инструменты для криоабляции, используемые в аппарате «Система медицинская криотерапевтическая (МКС)», сформированы в комплекты, каждый из которых включает криозонд, стилет, сверло, инъекционную термопару и интродьюсеры (рис. 1). Размеры стандартных вспомогательных инструментов по диаметру и длине соответствуют аналогичным параметрам криозонда.

Диаметр иглы криозонда аппарата «МКС» может составлять 1,5, 2,0 и 3,0 мм. Диаметр стилета и сверла превышает диаметр иглы криозонда на 0,4 мм, что позволяет провести криозонд через костный канал в условиях интерпозиции краев надкостницы и мягких тканей в просвет сформированного отверстия. Внутренний просвет интродьюсера обеспечивает прохождение стилета, его длина варьирует в зависимости от глубины мягкотканного слоя на линии доступа к кости. Марка «медицинской» стали инструментов исключала возможность перелома или фрагментации стилета и сверла, а при неадекватном усилии обеспечивала их пластическую деформацию. Плотный контакт интродьюсера с поверхностью кости исключал обсеменение мягкотканного канала доступа при выбросе наружу костного и опухолевого детрита.

Комплектация инструментов для каждого конкретного случая могла изменяться, каждый криозонд проходил контрольное тестирование на соответствие его заявленным паспортным параметрам хладопроизводительности. Сформированный набор инструментов помещали в специальные кассеты и стерилизовали в аппаратах «Стеррад».

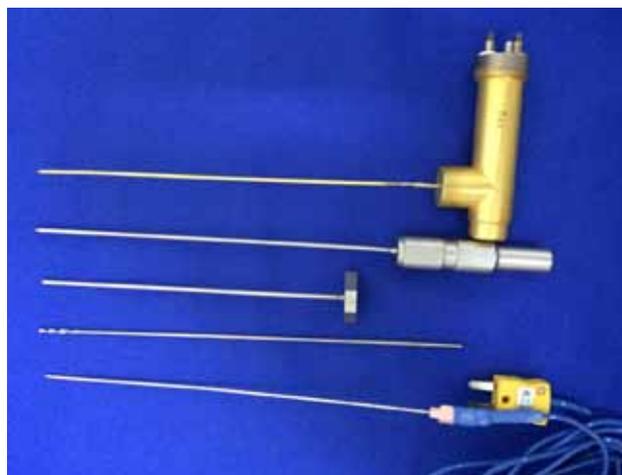


Рис. 1. Инструменты для миниинвазивной криоабляции опухолевых поражений костей. Комплект «1,50 мм». Снизу вверх: инъекционная термопара в корпусе иглы G19; сверло диаметром 1,90 мм; интродьюсер — внутренний диаметр 1,95 мм, наружный 2,25 мм; стилет 1,90 мм, длина 165,00 мм; криозонд диаметр иглы 1,5 мм, длина иглы 180,00 мм, длина криокамеры 15,00 мм

Перед началом каждой процедуры составляли стереотаксический план ее проведения. Параметры хладопроизводительности каждого криозонда, которые определяют конечные размеры длины, ширины и формы ледяного эллипса, известны из его паспортных данных. Это позволяло планировать взаимное расположение криозондов так, чтобы обеспечить полный охват опухоли ледяным фронтом с захватом не менее 2 мм неизменной костной ткани. Чтобы

исключить возможность последующего ятрогенного патологического перелома вследствие послеоперационного снижения прочности кости, оставляли интактной не менее 2/3 окружности трубчатой кости. Число и диаметр криозондов, длину иглы и криокамеры криозондов, направление введения и их взаимное расположение определяли в зависимости от размеров и формы опухолевого очага. Точку прокола кожи намечали в секторе безопасного доступа, директрису движения инструментов ориентировали перпендикулярно к поверхности кости в точке предстоящей перфорации компактной пластинки. Средствами контроля над процессом охлаждения служили границы ледяного шара, заметные на экране монитора при КТ сканировании, и

результаты прямой термометрии в зоне криоабляции. В последнем случае инъекционные термометры из комплекта криогенного оборудования вводили в контрольные точки вблизи нервных стволов и крупных сосудов.

Процедуру криоабляции выполняли в условиях гибридной операционной, а в кабинете КТ выделяли стерильную зону. Обезболивание обеспечивали наркозом; его вид зависел от длительности и сложности процедуры. Положение больного на столе томографа всегда определялось стереотаксическим планом вмешательства, было ограничено размерами апертуры гентри и необходимостью перемещения стола во время сканирования. Для исключения движений пациента использовали вакуумный иммобилизационный матрас.

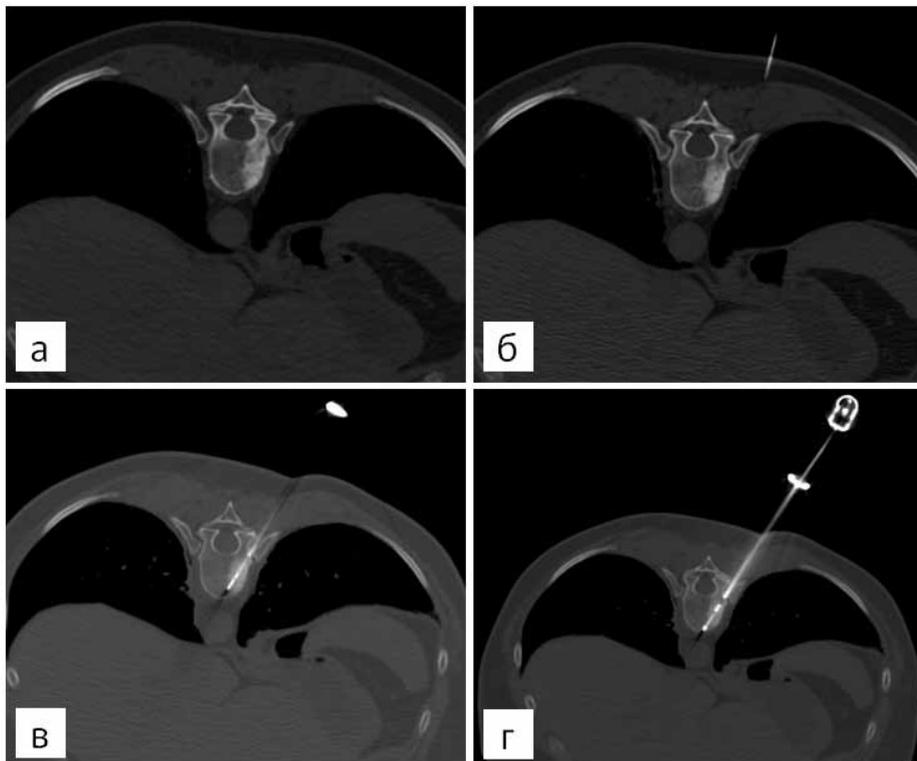


Рис. 2. КТ сканы 11 грудного позвонка. Основные этапы доступа при криоабляции очага метастатического поражения: а — очаг деструкции в теле позвонка (предоперационное сканирование); б — индикаторная инъекционная игла в мягких тканях спины; в — отклонение линии доступа от расчетной директрисы на 5°; г — стилет с интродьюсером, установленный в зону поражения; г — конечная позиция криозонда после завершения доступа

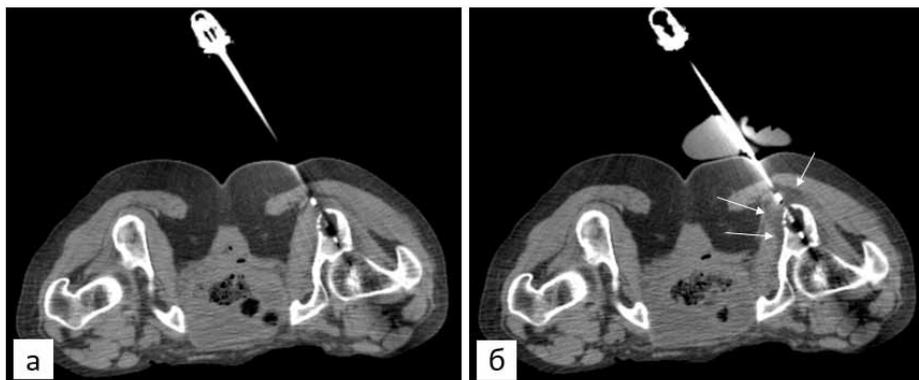


Рис. 3. КТ сканы седалищных костей. Очаг литической деструкции в левом седалищном бугре: а — криозонд в зоне поражения перед началом охлаждения; б — контроль абляции, определение границ ледяной сферы (стрелки)

Начало процедуры включало предоперационное сканирование, определение и ограничение зоны интереса. Успешность выполнения процедуры в первую очередь зависела от точности установки криозондов. В соответствии с известными зонами безопасных пункционных доступов определяли точку прокола кожи и вводили в нужном направлении пилотную спицу или инъекционную иглу, повторным сканированием убеждались в точности позиционирования и выхода на линию выбранного направления. Иглу заменяли пилотным стилетом с надетым на него интродьюсером и продвигали стилет к поверхности кости в точке предстоящей перфорации. Если прочность кости не позволяла пройти компактную пластинку стилетом, его извлекали, в интродьюсер вводили сверло и трепанировали кость с помощью дрели, в образовавшийся канал через интродьюсер вводили криозонд, подключенный к криогенному аппарату (рис. 2).

Охлаждение криозондов начинали после контрольного сканирования и подтверждения точности их установки. Этапы выполнения процедуры контролировали дополнительными сканированиями (рис. 3). Скорость и уровень охлаждения задаются аппаратом МКС автоматически, но было возможным и произвольное управление параметрами охлаждения самим оператором. После достижения заданного уровня охлаждения (от минус 10 °С на границе ледяной сферы до минус 190 °С — в ее центре) удерживали границы оледенения в течение не менее 5 мин, после чего прекращали подачу хладагента на 15 мин для пассивного оттаивания опухоли. После достижения положительных значений температуры криозондов выполняли повторение охлаждения с соблюдением правил первого цикла. Однако при повторном цикле охлаждения скорость распространения ледяного фронта всегда выше, что требовало особенного внимания и своевременного сдерживания интенсивности охлаждения.

Нельзя сказать, что качество визуализации ледяного шара на КТ всегда безупречно. Поэтому параметры режима работы КТ аппарата, контрастность и яркость изображения изменяли в зависимости от засвечивания зоны интереса артефактами от криозонда, различной плотности окружающих мягких тканей.

После окончания процедуры криозонды и интродьюсеры извлекали после появления на индикаторном табло аппарата цифр плюсовой температуры не ниже 20 °С. В заключение на места проколов кожи накладывали наклейки.

В первые сутки после выполнения процедуры пациенты предъявляли жалобы на умеренную боль в покое в зоне криоабляции, которые

обычно не требовали дополнительных назначений. В случаях изначального болевого синдрома пациенты сразу после процедуры испытывали облегчение. При обширных зонах криодеструкции на фоне развивающегося отека мягких тканей возникала необходимость в медикаментозном обезболивании.

Как известно, снижение прочности кости возможно к концу первой недели после криодеструкции [8, 9, 13]. В своей практике мы избегали ситуаций, при которых зона криоабляции могла разрушить целостность тазового кольца или свод тазобедренного сустава и поэтому не прибегали к послеоперационной иммобилизации, пациентам рекомендовали ограничение нагрузок, исключение прыжков и поднятия тяжестей.

Выводы

Компьютерная томография обеспечивает точную навигацию миниинвазивных инструментов и контроль над процессом оледенения опухоли.

Представленное инструментальное и аппаратное оснащение позволяет реализовать все этапы процедуры пункционной миниинвазивной криоабляции опухолей костей.

Представленная технология стереотаксического криогенного разрушения опухолей костей может иметь успешное клиническое применение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисеня И.И., Парфирьева Е.М., Богоутдинова А.В. Возможности применения криодеструкции в лечении опухолей костей // Сибирский онкологический журнал. 2005;2(14):59.
2. Демичев Н.П., Дианов С.В. Профилактика рецидивирования доброкачественных опухолей костей методом криодеструкции // Вопросы онкологии. 2008;54(5):592–595.
3. Marcove RC, Miller TR, Cahan WC. The treatment of primary and metastatic bone tumors by repetitive freezing // The bulletin of the New York Academy of Medicine. 1968;44(5):532–544.
4. Meller I, Weinbroum A, Bickels J, Dadia S et al. 15 years of bone tumor cryosurgery: a single-centre experience of 440 procedures and long term follow-up // European Journal of Surgical Oncology. 2008;34(8):921–927.
5. Veth RPH, Schreuder HWB, Geest ICM. Cryosurgery for bone tumors. Modern cryosurgery for cancer // World Sciences. 2012:773–779.
6. Erinjeri JP, Clark TWI. Cryoablation: mechanism of action and devices // J. Vasc. Interv. Radiol. 2010;21(8):187–91. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2009.12.403>
7. Bickels J, Kollender Y, Merimsky O et al. Closed argon-based cryoablation of bone tumours // The Journal of Bone and Joint Surgery. 2004;86-B:714–8.
8. Беляев А.М., Прохоров Г.Г. Криогенные технологии в онкологии // Вопросы онкологии. 2015;61 (3):317–322.

9. Беляев А.М., Прохоров Г.Г., Сушников В.А. и др. Изменения структуры и механической прочности кости после пункционной криодеструкции в эксперименте // Травматология и ортопедия России. 2019;25(2):123–133.
10. Буровик И.А., Прохоров Г.Г. Компьютерная томография как метод контроля проведения чрескожной пункционной криоабляции опухолей // Лучевая диагностика и терапия. 2019;(4):57–65.
11. Прохоров Г.Г., Гасанов М.И., Клепиков В.В. и др. Малоинвазивная криотерапевтическая система // Медицинская техника. 2017;(1):30–33.
12. Прохоров Г.Г., Беляев А.М., Прохоров Д.Г. Приборы для малоинвазивной пункционной криодеструкции. Основы клинической криомедицины. СПб. 2017:565–568. ISBN 978-5-519-50989-3.
13. Pritsch T, Bickels J, Wu CC et al. The risk for fractures after curettage and cryosurgery around the knee // Clinical Orthopaedics and Related Research. 2007;458:159–167.

Поступила в редакцию 08.04.2021 г.

*A.M. Belyaev, G.G. Prokhorov, I.A. Burovik,
D.V. Okonechnikova*

Cryoablation technology for bone metastases

N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology of the Ministry of Health of Russia, Saint Petersburg

Puncture cryoablation of tumor lesions was performed as a part of complex palliative treatment of 32 patients with the fourth stage of the disease with bone metastases. Each patient, depending on the extent of the lesion, underwent from one to eight procedures. New domestic nitrogen equipment with reusable instruments was used. Cryoablation procedures were performed in the room for Computed Tomography (CT) using robotic navigation, as well as in the operating room under ultrasound monitoring. The indications for the procedure were severe pain syndrome, disease progression, prevention of pathological fractures, and the impossibility of performing the surgical treatment in patients with comorbidities. When performing cryoablation, the number and diameter of cryoprobe, the length of the needle and cryoprobe tip, the direction of insertion, and their mutual positioning were determined depending on the size and shape of the tumor lesion. The technique of puncture approaches and monitoring rules are described in detail. It is recommended to avoid the destruction of the pelvic ring, hip joint, to be careful in cases of tumor localization in the body and arches of the vertebrae, in the lateral parts of the sacrum, in the places where the nerve trunks adhere to the bone. The cryoablation procedure cannot be planned if the skin, the wall of a hollow organ, and the spinal cord are involved in the tumor process. There is a high risk of fracture after performing total cryoablation of metastasis if it covers more than a third of the diameter of the tubular bone.

Key words: cryosurgery, cryoablation, metastases, bone tumors