

УДК 616.36-006-085:614.2

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2023-14-1-73-81>

ТЕХНИКА СТЕРЕОТАКСИЧЕСКОЙ ЧРЕСКОЖНОЙ КРИОАБЛАЦИИ ПРИ ОПУХОЛЕВОМ ПОРАЖЕНИИ ПОЗВОНОЧНИКА: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

^{1,2}И. А. Буровик[✉], ¹Г. Г. Прохоров[✉], ^{1,3}С. С. Багненко[✉], ^{1,4}А. А. Архицкая[✉]

¹Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н. Н. Петрова, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, Санкт-Петербург

³Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

⁴Ленинградский областной клинический онкологический диспансер имени Л. Д. Романа, Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ: Чрескожная криоабляция (ЧКА) — способ миниинвазивного лечения больных с метастатическим поражением костей, применяемый в том числе при поражении позвонков. Позвоночник является одной из сложных анатомических зон для выполнения абляции в связи с риском механического и температурного повреждения спинного мозга и рядом расположенных структур.

ЦЕЛЬ: Рассмотрение методологических аспектов выполнения миниинвазивной чрескожной криоабляции при метастатическом поражении позвонков, уточнение и систематизация пункционных стереотаксических доступов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: Процедура криоабляции была выполнена 10 больным. Размеры метастатических очагов варьировали от 8 до 45 мм ($34,6 \pm 9,7$ мм). Позиционирование криозондов выполняли в последовательном режиме методом «свободной руки» или с применением роботизированной навигационной приставки к компьютерному томографу. Мониторинг процесса установки криозондов и абляции осуществляли с помощью мультисрезового компьютерного томографа. Число и диаметр криозондов определяли с учетом характеристик очага поражения; за одну процедуру использовали от 1 до 3 криозондов. Процедура ЧКА включала два цикла охлаждения до температуры -190°C с экспозицией 10 и 7 минут, с автоматическим удержанием температуры в заданных параметрах и непрерывным температурным мониторингом между циклами. После окончания абляции применяли режимы активного и пассивного оттаивания. Размеры ледяного шара оценивали при периодических КТ сканированиях с интервалом в 2–3 минуты.

РЕЗУЛЬТАТЫ: У двух пациентов без предшествующего болевого синдрома при использовании костовертебрального и трансфораминального доступов после процедуры развился болевой синдром 4–5 баллов по цифровой аналоговой шкале, потребовавший медикаментозной анальгетической коррекции с применением, в том числе, наркотических анальгетиков. У пациента в случае трансфораминального доступа болевой синдром полностью разрешился в течение 7 дней; во втором случае боль снизилась до 2 баллов, однако сохранялась на протяжении 3 недель. У 4 пациентов с предшествующим болевым синдромом после ЧКА было отмечено его снижение до 0–2 баллов. Данные изменения у 2 пациентов сохранялись на протяжении всего периода наблюдения (более 6 месяцев), у 2 больных эффект отмечался на протяжении 1 и 3 месяцев; возобновление боли было обусловлено местным прогрессированием опухолевого процесса. В целом локального опухолевого контроля удалось достичь у 7 пациентов (период наблюдения 6–14 месяцев). У 3 больных по данным контрольной КТ был установлен продолженный рост метастазов, при этом во всех этих клинических наблюдениях размеры очагов перед ЧКА превышали 4 см.

ОБСУЖДЕНИЕ: При ЧКА позвонков возможно применение широкого спектра пункционных доступов: транспедикулярно-го, костовертебрального, трансфораминального, заднелатерального и заднего. Выбор оптимального варианта зависит от отдела позвоночника и особенностей локализации, формы, размеров и структуры очага поражения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: При проведении ЧКА метастатических очагов в грудном и поясничном отделах позвоночника могут быть применены большинство известных пункционных доступов. При краевой деструкции тела позвонка могут быть применены заднелатеральный (в грудном отделе) и задний (в поясничном отделе) пункционные доступы, при которых криозонд устанавливается паравертебрально, без непосредственной перфорации кости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: криоабляция опухолей костей; чрескожная криоабляция; криоабляция позвонков

*Для корреспонденции: Буровик Илья Александрович, e-mail: burovick_ilya@mail.ru

Для цитирования: Буровик И.А., Прохоров Г.Г., Багненко С.С., Архитская А.А. Техника стереотаксической чрескожной криоабляции при опухолевом поражении позвоночника: пилотное исследование // *Лучевая диагностика и терапия*. 2023. Т. 14, № 1. С. 73–81, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2023-14-1-73-81>.

STEREOTACTIC PERCUTANEOUS CRYOABLATION TECHNIQUE FOR SPINAL TUMOR LESION: PILOT STUDY

^{1,2}Ilya A. Burovik[✉], ¹Georgy G. Prokhorov[✉], ^{1,3}Sergey S. Bagnenko[✉], ^{1,4}Anna A. Arkhitskaya[✉]

¹National Medical Research Center of Oncology named after N. N. Petrov, St. Petersburg, Russia

²St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

³St. Petersburg State Pediatric Medical University, St. Petersburg, Russia

⁴Leningrad Regional Clinical Oncological Dispensary named after L. D. Roman, St. Petersburg, Russia

INTRODUCTION: Percutaneous cryoablation is a method of minimally invasive treatment of patients with metastatic bone lesions, which is also used for lesions of the vertebrae. The spine is one of the most difficult anatomical areas for ablation due to the risk of mechanical and thermal damage to the spinal cord and adjacent structures.

OBJECTIVE: Consideration of methodological aspects of performing minimally invasive percutaneous cryoablation in metastatic lesions of the vertebrae, clarification and systematization of puncture stereotaxic approaches.

MATERIALS AND METHODS: The cryoablation procedure was performed in 10 patients. The sizes of metastatic lesions varied from 8 to 45 mm (34.6 ± 9.7 mm). Positioning of cryoprobes was performed in sequential mode using the «free hand» method or using a robotic navigation attachment to a CT scanner. The process of installing cryoprobes and ablation was monitored using a multislice computed tomograph. Number and diameter of cryoprobes determined taking into account the characteristics of the lesion; in one procedure used from 1 to 3 cryoprobes. The PCA procedure included two cooling cycles to a temperature of -190 four $^{\circ}\text{C}$ with an exposure of 10 and 7 minutes, with automatic temperature maintenance at the set parameters and continuous temperature monitoring between cycles. After the end of ablation, active and passive thawing modes were used. Dimensions ice ball was assessed at periodic CT scans with an interval of 2–3 minutes.

RESULTS: Two patients without previous pain syndrome using costovertebral and transforaminal approaches after the procedure developed a pain syndrome of 4–5 points on a digital analogue scale, which required medical analgesic correction using, among other things, narcotic analgesics. In a patient in the case of transforaminal access, the pain syndrome completely resolved within 7 days; in the second case, the pain decreased to 2 points, but persisted for 3 weeks. In 4 patients with previous pain syndrome after PCA, its decrease to 0–2 points was noted. These changes in 2 patients persisted throughout the entire observation period (more than 6 months), in 2 patients the effect was observed for 1 and 3 months; the resumption of pain was due to the local progression of the tumor process. In general, local tumor control was achieved in 7 patients (follow-up period 6–14 months). In 3 patients, according to the control CT scan, continued growth of metastases was established, while in all these clinical cases, the size of the foci before PCA exceeded 4 cm.

DISCUSSION: In PCA of the vertebrae, a wide range of puncture approaches can be used: transpedicular, costovertebral, transforaminal, posterolateral, and posterior. The choice of the optimal variant depends on the spine and the features of localization, shape, size and structure of the lesion.

CONCLUSION: When performing PCA of metastatic foci in the thoracic and lumbar spine, most of the known puncture approaches can be used. In case of marginal destruction of the vertebral body, posterolateral (in the thoracic region) and posterior (in the lumbar region) puncture approaches can be used, in which the cryoprobe is installed paravertebral, without direct perforation of the bone.

KEYWORDS: cryoablation of bone tumors; percutaneous cryoablation; cryoablation of the vertebrae

*For correspondence: Ilya A. Burovik, e-mail: burovick_ilya@mail.ru

For citation: Burovik I.A., Prokhorov G.G., Bagnenko S.S., Arkhitskaya A.A. Stereotactic percutaneous cryoablation technique for spinal tumor lesion: pilot study // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2023. Vol. 14, No. 1. P. 73–81, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2023-14-1-73-81>.

Введение. Скелет является одной из ведущих мишеней метастатического процесса: каждый год выявляется около 280 000 новых случаев вторичного поражения костей. Более чем у половины онкологических больных болевой синдром обусловлен костной деструкцией. Помимо боли, нередко развиваются и другие осложнения опухолевого процесса, такие как патологические переломы, сдавление

спинного мозга, миелосупрессия, ухудшающие качество жизни и прогноз пациентов [2, 3]. На поздних стадиях заболевания боль нередко приобретает невыносимый характер и не купируется адекватно с помощью традиционных методов терапии [4].

При выявлении метастазов в костях соответствующие изменения в позвоночном столбе обнаруживаются достаточно часто, у 30–70% пациентов,

в зависимости от типа онкологического заболевания [8]. Открытые оперативные вмешательства у данной категории больных имеют ограниченное применение из-за травматичности, часто коморбидного состояния и прогнозируемой низкой продолжительности жизни. К хирургическому пособию прибегают обычно при наличии неврологических нарушений, обусловленных компрессией опухоли спинного мозга или в случае высокого риска развития патологического перелома позвонка.

Наряду со стандартными подходами к лечению, включающими применение анальгетиков, системную медикаментозную и локальную лучевую терапию, в последнее время широкое применение находят миниинвазивные интервенционные вмешательства, в частности различные виды абляции, направленные на купирование боли и локальное разрушение опухоли [5]. Подобные процедуры, как правило, проводят под контролем методов лучевой визуализации, в основном компьютерной томографии и ультразвукового исследования.

При выполнении пункционной абляции независимо от механизма воздействия на опухоль решающим условием успеха является точная и безопасная установка инструмента в необходимую позицию. Сам процесс введения иглы (криозонда, электрода, антенны) в кость нередко сопряжен с риском повреждения рядом расположенных органов, сосудов и нервов. В литературе освещены вопросы безопасных пункционных доступов и особенности проведения чрескожной криоабляции (ЧКА) для некоторых локализаций, например, при поражении грудины и ребер [15, 16]. Также достаточно подробно рассмотрены подходы к выполнению трепанобиопсий образований позвоночника [17], однако технические особенности выполнения пункционной криоабляции позвонков детально не описаны. В то же время сложная форма позвонков, наличие в позвоночном канале спинного мозга как критически важного органа и необходимость в некоторых случаях одновременного введения нескольких криозондов обуславливают актуальность изучения особенностей проведения ЧКА в этой анатомической зоне.

Целью данной работы явились рассмотрение методологических аспектов выполнения миниинвазивной чрескожной криоабляции при метастатическом поражении позвонков, уточнение и систематизация пункционных стереотаксических доступов.

Материалы и методы. Информированное согласие получено от каждого пациента. В ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Петрова» Минздрава России были выполнены 10 процедур ЧКА у 10 пациентов с метастатическими очагами в позвонках. В исследуемую группу вошли 7 (70%) женщин и 3 (30%) мужчин в возрасте от 44 до 72 лет. Данные о локализации первичной опухоли представлены в таблице. Размеры очагов варьировали от 8 до 45 мм ($34,6 \pm 9,7$ мм). В 6 случаях очаги локали-

зовались в телах грудных позвонков, в 4 — в телах поясничных позвонков.

Таблица
Локализация первичной опухоли у пациентов, подвергшихся процедуре криоабляции

Table
Localization of the primary tumor in patients undergoing cryoablation

Первичная опухоль	Число пациентов
Рак молочной железы	4
Рак толстой кишки	2
Рак легкого	2
Саркома Юинга	1
Первичная опухоль не выявлена	1

Все пациенты имели олигометастатический характер опухолевого поражения (не более 3 очагов в костях) и/или болевой синдром, обусловленный целевым очагом, более 4 баллов по десятибалльной цифровой аналоговой шкале на фоне приема анальгетиков. Последний отмечался у 4 пациентов. Также с учетом особенностей самого метастаза критериями включения являлись: локализация очага в теле позвонка, отсутствие сужения позвоночного канала и компрессии дурального мешка, целостность стенок позвонкового отверстия (дуги позвонка и кортикального слоя задней поверхности тела позвонка), в случае литического характера остеодеструкции вовлечение в процесс не более трети тела позвонка.

Решение о выполнении ЧКА принималось в рамках мультидисциплинарного консилиума в составе хирурга-онколога, химиотерапевта, радиотерапевта, интервенционного радиолога.

Процедуру ЧКА проводили в условиях КТ-операционной под эндотрахеальным наркозом в положении пациента на животе. Применялась азотная «Система медицинская криотерапевтическая (МКС)», отечественного производства, с многоразовыми наборами инструментов, включавшими криозонды диаметром от 1,5 до 3,0 мм и соответствующие им интродьюсеры со стилетами. Позиционирование криозондов выполняли в последовательном режиме методом «свободной руки» или с применением роботизированной навигационной приставки к компьютерному томографу. Мониторинг процесса установки криозондов и абляции осуществляли с помощью мультисрезового компьютерного томографа с апертурой гентри 70 см. При необходимости получения материала для гистологического исследования основному этапу абляции предшествовала трепанобиопсия. В случае значительных по плотности бластических форм поражения и невозможности перфорации кости стилетом вручную для формирования канала использовали дрель со сверлом, на 0,2 мм превосходившим диаметр интродьюсера криозонда. Число и диаметр криозондов определяли с учетом характеристик очага поражения; за одну процедуру

использовали от 1 до 3 кризондов. Процедура ЧКА включала два цикла охлаждения до температуры -190°C с экспозицией 10 и 7 минут, с автоматическим удержанием температуры в заданных параметрах и непрерывным температурным мониторингом между циклами. После окончания абляции применяли режимы активного и пассивного оттаивания. Размеры ледяного шара оценивали при периодических КТ сканированиях с интервалом в 2–3 минуты. В случае литического характера поражения ледяная сфера определялась в виде гиподенсной сферической зоны вокруг криокамеры; при бластических формах метастазов визуализация ледяного шара была затруднена, поэтому предполагаемую зону абляции определяли эмпирически, с учетом известных технических характеристик кризонда соответствующего диаметра. При проведении абляции стремились, чтобы ледяной фронт распространился за границы очага деструкции на 2–5 мм.

В связи с локализацией метастатических очагов только в телах позвонков без распространения на дугу и отростки нейрофораминальный мониторинг температуры не выполняли; процесс формирования ледяного фронта контролировали визуально по КТ-данным. Необходимости в термопротекции спинного мозга и крупных сосудов не было.

Планирование и выполнение процедур зависело от размеров и локализации очага поражения, его близости к позвоночному каналу и спинному мозгу,

Оценивали особенности пункционных доступов к очагам поражения тел позвонков применительно к процедуре ЧКА, наличие интра- и послеоперационных осложнений, противоболевой эффект, локальный контроль над опухолью.

Результаты. Сложная форма позвонков, экранирование центральных отделов их тел позвоночным каналом, наличие поперечных отростков, реберно-поперечных суставов, необходимость при крупных очагах поражения установки одновременно нескольких кризондов объективно обуславливали определенные сложности позиционирования инструментов. Тем не менее отсутствие смещений позвоночного столба при дыхании, жесткое соединение позвонков между собой и их близкое расположение к коже позволили эффективно спланировать оптимальный пункционный доступ и во всех клинических наблюдениях добиться необходимого положения кризондов для формирования ледяного шара с заданными параметрами.

Использовались следующие пункционные доступы.

1. Транспедикулярный. При такой траектории игла проходит непосредственно в ножке дуги позвонка (рис. 1). Подобный вариант позиционирования кризонда обоснован при локализации опухолевого процесса в боковом отделе тела позвонка. С точки зрения безопасности существует потенциальный риск компрессионного повреждения спинного мозга, когда используется кризонд большого

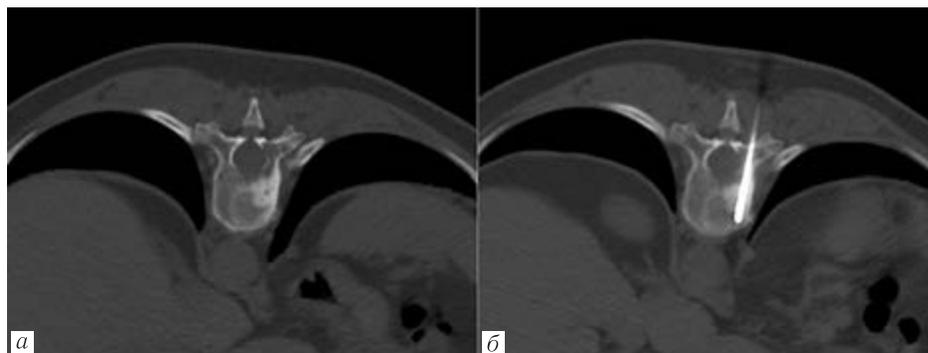


Рис. 1. КТ-изображения пациентки Д., 56 лет: *а* — метастаз в XI грудной позвонке рака молочной железы; *б* — этап установки первого кризонда в очаг деструкции транспедикулярным доступом
Fig. 1. CT images of patient D., 56 years old: *a* — metastasis in the XI thoracic vertebrae of breast cancer; *b* — stage of installation of the first cryoprobe in the destruction site by transpedicular access

характера опухолевой деструкции (литический или бластический вариант), наличия экстраоссального мягкотканного компонента, топографии рядом расположенных внутренних органов (легкие, пищевод) и сосудов (аорта, нижняя полая вена). Выбор варианта пункционного доступа при ЧКА базировался как на принципе безопасности введения кризондов, предполагавшего избегание прохождения инструмента через позвоночный канал, механического повреждения органов и сосудов, так и понимании особенностей образования ледяной сферы (ее формы, размеров, границ) в каждом конкретном случае.

диаметра, а ножка тонкая. При транспедикулярном доступе желательно, чтобы вся криокамера располагалась в теле позвонка, вне его ножки; в противном случае достаточно велика вероятность вовлечения элементов позвоночного канала в ледяную сферу. Это во многом ограничивает применение транспедикулярного пункционного доступа для ЧКА.

2. Костовертбральный. При данном пункционном доступе введение иглы выполняется медиальнее шейки ребра через полость реберно-поперечного сустава (рис. 2). Такой способ позиционирования инструмента относительно безопасен, так как при его применении спинной мозг защищен от повреждения

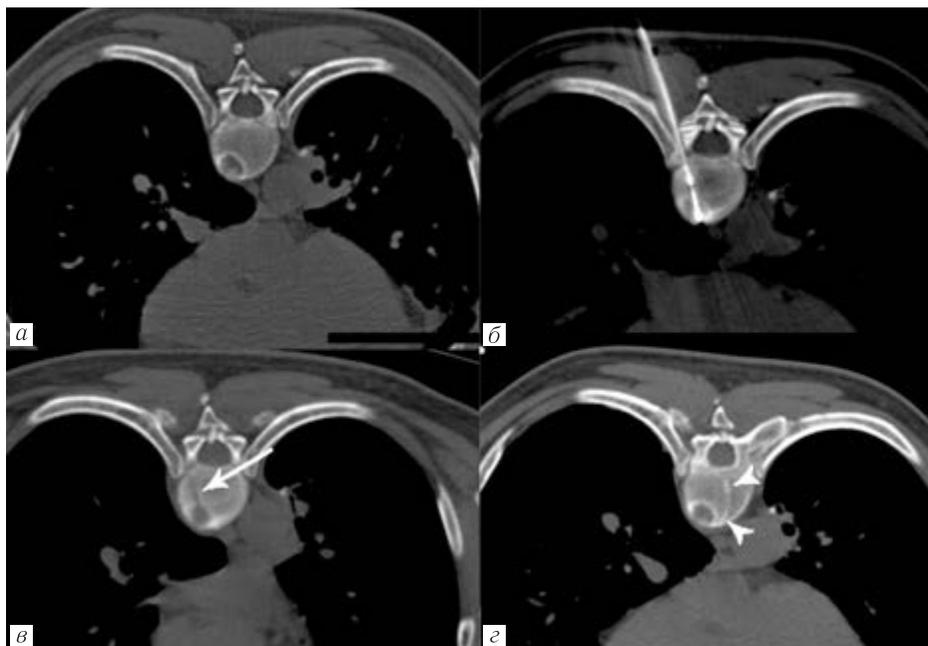


Рис. 2. КТ-изображения пациента Р., 48 лет: *а* — метастаз в VIII грудной позвонок рака легкого; *б* — криозонд, установленный в тело позвонка костовerteбральным доступом; *в* — канал в позвонке после извлечения криозонда (стрелка); *г* — граница сформированного крионекроза, окружающего зону деструкции, через 3 месяца после процедуры ЧКА (головки стрелок)

Fig. 2. CT images of patient R., 48 years old: *a* — metastasis in the VIII thoracic vertebra of lung cancer; *б* — cryoprobe installed in the vertebral body by costovertebral access; *в* — canal in the vertebra after removal of the cryoprobe (arrow); *г* — border of formed cryonecrosis surrounding the destruction zone, 3 months after the PCA procedure (arrowheads)

ножкой дуги позвонка, а легкое — головкой и шейкой ребра. Костовerteбральный доступ позволяет выполнить абляцию при локализации опухолевого очага в центральном отделе тела позвонка, при этом криозонд в большей степени отстоит от позвоночного канала, чем при транспедикулярном способе установки, что позволяет создать ледяную сферу большего объема.

3. Трансфораминальный. При этом варианте введение инструмента в тело позвонка выполняется на уровне выхода через межпозвоночное отверстие корешка спинномозгового нерва, между ребрами

(рис. 3, *г*). Применения подобного доступа в грудном отделе позвоночника возможно на уровне от III до XII позвонков. Имеется больший, чем при костовerteбральном доступе, риск повреждения легкого и более высокая вероятность попадания в зону области корешка соответствующего спинномозгового нерва. Как и предыдущий доступ, трансфораминальная траектория позволяет выполнить ЧКА центральных отделов тела позвонка.

В грудном отделе заднелатеральный доступ может быть применен при краевой деструкции тела позвонка с наличием экстраоссального мягкотканного

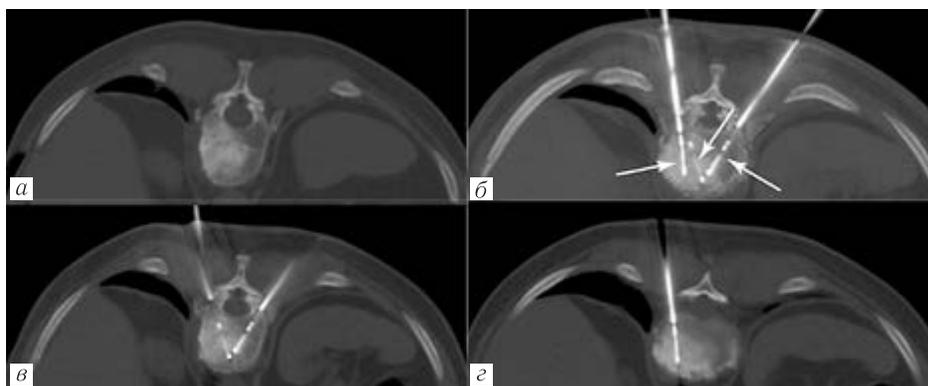


Рис. 3. КТ-изображения пациентки К., 45 лет: *а* — метастаз в X грудной позвонок рака молочной железы; *б* — три криозонда (стрелки), установленные в тело позвонка различными доступами (реконструкция толщиной 20 мм); *в* — два криозонда, введенные костовerteбральным доступом; *г* — криозонд, введенный через трансфораминальный доступ

Fig. 3. CT images of patient K., 45 years old: *a* — metastasis in the X thoracic vertebra of breast cancer; *б* — three cryoprobes (arrows) inserted into the vertebral body through different approaches (reconstruction 20 mm thick); *в* — two cryoprobes inserted through the costovertebral approach; *г* — cryoprobe inserted through the transforaminal approach

компонента или без такового. В этом случае криозонд устанавливается паравертебрально между ребрами, с таким расчетом, чтобы ледяная сфера распространилась как на зону костной деструкции, так и на внекостную часть опухоли (рис. 4). Риски установки инструментов сопряжены с возможностью повреждения легкого и, при левостороннем доступе, нисходящей части грудной аорты.

У всех 4 пациентов с предшествующим болевым синдромом после ЧКА было отмечено его снижение до 0–2 баллов. Данные изменения у 2 пациентов сохранялись на протяжении всего периода наблюдения (более 6 месяцев). У двух больных эффект отмечался на протяжении 1 и 3 месяцев; возобновление боли было обусловлено местным прогрессированием опухолевого процесса. В целом локального опухолевого

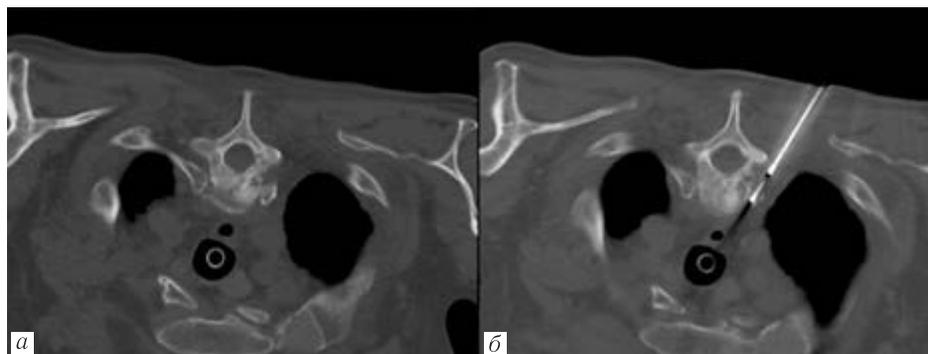


Рис. 4. КТ-изображения пациентки Т., 42 года: *a* — метастаз во II грудной позвонок рака молочной железы; *б* — криозонд, установленный паравертебрально на уровне очага деструкции заднелатеральным доступом

Fig. 4. CT images of patient T., 42 years old: *a* — metastasis in the II thoracic vertebrae of breast cancer; *б* — cryoprobe installed paravertebral at the level of the destruction focus by posterolateral access

В поясничном отделе позвоночника при выполнении пункции из заднелатерального доступа имеется возможность расположить точку вкола на большем расстоянии от средней линии, что позволяет провести криозонд через боковую поверхность тела позвонка и позиционировать его на значительном расстоянии от позвоночного канала. Это делает возможным формирование ледяного шара большого диаметра. Задний доступ сходен с заднелатеральным и осуществляется между поперечными отростками вдоль тела позвонка и целесообразен в случае краевой деструкции позвонка с паравертебральным мягкотканым опухолевым компонентом или без него.

У двух пациентов без предшествующего болевого синдрома при использовании костовертебрального и трансфораминального доступов после процедуры развился болевой синдром 4–5 баллов по цифровой аналоговой шкале, потребовавший медикаментозной аналгетической коррекции с применением, в том числе, наркотических анальгетиков. Боль, вероятно, была обусловлена компрессией корешка нерва в межпозвоночном отверстии за счет отека или механическим повреждением нерва. В отмеченных наблюдениях корешок межреберного нерва не входил в зону оледенения. В противоположность этому, целенаправленное промораживание зоны выхода корешка для паллиативного купирования болевого синдрома всегда давало быстрый обезболивающий эффект. У пациента в случае трансфораминального доступа болевой синдром полностью разрешился в течение 7 дней; во втором случае интенсивность боли снизилась до 2 баллов, однако боль сохранялась на протяжении 3 недель. Других осложнений ЧКА зафиксировано не было.

контроля удалось достичь у 7 пациентов (период наблюдения 6–14 месяцев). У трех больных по данным контрольной КТ был установлен продолженный рост метастазов, при этом во всех этих клинических наблюдениях размеры очагов перед ЧКА превышали 4 см.

Обсуждение. Осложнения метастатического поражения позвонков существенно влияют на течение онкологических заболеваний и состояние значительного числа больных, что обусловлено непосредственно большой частотой метастазирования в позвоночник, его опорной функцией, близким расположением критически важных нервных структур (спинного мозга и его корешков).

Тактика лечения больных с метастазами в костях должна определяться междисциплинарной командой с привлечением онколога, хирурга, радиотерапевта, химиотерапевта, специалиста интервенционной радиологии и альголога. При принятии решения о хирургическом и/или медикаментозном лечении ожидаемая продолжительность жизни пациентов является наиболее важным фактором: более тяжелое соматическое состояние больного предусматривает использование менее агрессивных подходов к лечению с низкой частотой осложнений и короткими сроками реабилитации [4].

При ожидаемой короткой продолжительности жизни быстрое и эффективное облегчение боли является приоритетом. Традиционные варианты противоболевой помощи предполагают использование опиоидных анальгетиков, гормонов, химиопрепаратов, лучевой терапии, выполнение реконструктивных хирургических вмешательств. Однако каждый из подобных подходов имеет побочные эффекты и противопоказания. Так, лучевая терапия остается

«золотым стандартом» локального лечения данной когорты пациентов, однако у 20% противоболевой эффект лечения является неудовлетворительным; кроме того, наибольшая выраженность последнего может достигаться только через 5–20 недель после завершения лечения [6, 7].

Предпринимаются попытки поиска альтернативных стратегий лечения пациентов, страдающих от боли при метастатическом поражении позвонков, в частности изучается эффективность минимально инвазивных методов ЧКА под контролем методов лучевой визуализации: рассматриваются варианты химической деструкции, лазерной, радиочастотной, микроволновой абляции, а также криоабляции [9–11]. В ряде мультицентровых исследований была продемонстрирована эффективность радиочастотной абляции (РЧА) в купировании боли при метастазах в костях [12, 13]. Однако РЧА имеет и значимые недостатки, в том числе невозможность прямой визуализации зоны абляции при КТ и обусловленный самой процедурой болевой синдром, нередко усиливающийся в период непосредственно после лечебной процедуры.

Отсутствие интраоперационной КТ визуализации зоны термического воздействия характерна и для микроволновой абляции. В отличие от РЧА или микроволнового воздействия при ЧКА на КТ определяется гиподенсный ледяной шар, в границах которого температура имеет отрицательные значения. Также к преимуществам ЧКА по сравнению с другими пункционными аблативными технологиями необходимо отнести значительно менее выраженный болевой синдром как непосредственно во время процедуры, так и после нее, возможность применения нескольких кризондов для формирования зоны тканевой деструкции нужного объема и конфигурации, пригодность метода для применения как в отношении литических очагов, так и в случае остеосклеротических образований, воздействие на которые радиочастотным электромагнитным излучением считается малоэффективным [14].

Механизм цитотоксического эффекта криоабляции является многофакторным. Он обусловлен как образованием внутриклеточных кристаллов льда, приводящим к денатурации белков и повреждению внутриклеточных органелл и клеточной мембраны, так и нарушением осмотического градиента, обуславливающего сморщивание клетки на этапе заморозки и ее набухание на этапе оттаивания. Также немаловажную роль играют механизмы непрямого нарушения жизнедеятельности клеток в зоне низкотемпературного воздействия, реализующиеся через нарушение микроциркуляции, развитие ишемии и иммуноопосредованный апоптоз [18].

В немногочисленных клинических исследованиях продемонстрирована безопасность и эффективность выполнения ЧКА при опухолевом поражении позвонков. Так, в 2014 г. А. N. Kucur и соавт. в рам-

ках работы по изучению интраоперационного мониторинга моторных вызванных потенциалов при ЧКА опухолей системы органов опоры и движения привели данные об абляции 27 очагов в позвоночнике [19]. В исследовании S. Masala и соавт. (2013) сопоставлялась эффективность ЧКА в сочетании с цементопластикой в сравнении с применением цементопластики в качестве самостоятельной процедуры [20]. Также в работе A. Tomasian и соавт. проанализированы клинические результаты ЧКА 31 очага поражения в позвонках у 14 пациентов [21]. Однако детальных сведений о методологических особенностях и способах позиционирования кризондов в публикациях не представлено.

Как было продемонстрировано в настоящей работе, при ЧКА позвонков возможно применение широко спектра пункционных доступов: транспедикулярного, костовертебрального, трансфораминального, заднелатерального и заднего. Выбор оптимального варианта зависит от отдела позвоночника и особенностей локализации, формы, размеров и структуры очага поражения.

Выполнение криоабляции при поражении позвонков требует значительно опыта. Возможность и результат проведения процедуры ЧКА в значительной мере определяются размерами очага поражения и его близостью к позвоночному каналу. Необходимо четкое представление о размерах и форме образующихся ледяных шаров с учетом конкретного используемого оборудования и диаметра кризондов. Инвазию опухоли в канал необходимо рассматривать как противопоказание к вмешательству. Распространение ледяного фронта на спинной мозг может сопровождаться развитием клинической картины поперечного миелита с длительным периодом восстановления и сохранением стойкого неврологического дефицита. Близкое расположение очага к позвоночному отверстию зачастую не позволяет обеспечить полное перекрытие ледяной сферой зоны деструкции. Особенно затруднительно в подобной ситуации формирование ледяного шара достаточного объема при крупных опухолевых узлах, что, в частности, явилось причиной прогрессирования у 10 пациентов в нашем исследовании. Кроме того, необходимо учитывать, что отек корешка спинномозгового нерва и его компрессия в межпозвонковом отверстии могут обуславливать выраженный болевой синдром, требующий коррекции, в том числе наркотическими анальгетиками.

В целом с учетом результатов проведенного исследования представляется актуальным дальнейшее изучение возможностей применения методики ЧКА при опухолевом поражении позвонков. Необходим анализ данных, полученных на более крупных выборках, с целью определения эффективности методики и ее места среди других способов локального лечения.

Заключение. При проведении ЧКА метастатических очагов в грудном и поясничном отделах позво-

ночника могут быть применены различные пункционные доступы. С определенной осторожностью необходимо использовать транспедикулярный доступ, особенно для мощных кризондов крупного диаметра, в связи с риском вовлечения в ледяную сферу спинного мозга. Также компрессия корешка спинномозгового нерва в межпозвонковом отверстии за счет отека после процедуры или его механи-

ческое повреждение при трансфораминальном и костовертебральном доступах могут сопровождаться выраженным болевым синдромом.

При краевой деструкции тела позвонка могут быть применены заднелатеральный (в грудном отделе) и задний (в поясничном отделе) пункционные доступы, при которых кризонд устанавливается паравертебрально, без непосредственной перфорации кости.

Сведения об авторах:

Буровик Илья Александрович — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник научного отделения диагностической и интервенционной радиологии, заведующий отделением лучевой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н. Н. Петрова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 68; ассистент кафедры онкологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»; e-mail: burovick_ilya@mail.ru; ORCID 0000-0002-4714-1228;

Прохоров Георгий Георгиевич — доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник научного отделения общей онкологии и урологии федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н. Н. Петрова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 68; ORCID 0000-0001-9015-3817;

Баененко Сергей Сергеевич — доктор медицинских наук, доцент, заместитель директора федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н. Н. Петрова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 68; профессор кафедры современных методов диагностики и радиолучевой терапии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; ORCID 0000-0002-4131-6293;

Архипкина Анна Андреевна — младший научный сотрудник научного отделения общей онкологии и урологии федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н. Н. Петрова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 68; заведующий отделением Центра амбулаторной онкологической помощи г. Тихвин (филиал государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Ленинградский областной клинический онкологический диспансер»); ORCID 0000-0002-6317-4644.

Information about authors:

Ilya A. Burovik — Cand. of Sci. (Med.), senior researcher of the scientific department of diagnostic and interventional radiology, head of the department of radiology of NMRC of Oncology named after N. N. Petrov of MoH of Russia, 174644, Russia, St. Petersburg, Pesochny village, Leningradskaya street, 68; assistant of the department of oncology of SPbSU; e-mail: burovick_ilya@mail.ru; ORCID 0000-0002-4714-1228;

Georgy G. Prokhorov — Dr. of Sci. (Med.), professor, leading researcher of the scientific department of general oncology of NMRC of Oncology named after N. N. Petrov of MoH of Russia; 174644, Russia, St. Petersburg, Pesochny village, Leningradskaya street, 68; ORCID 0000-0001-9015-3817;

Sergey S. Bagenko — Dr. of Sci. (Med.), docent, associate Director of NMRC of Oncology named after N. N. Petrov of MoH of Russia; 174644, Russia, St. Petersburg, Pesochny village, Leningradskaya street, 68; professor of the department of modern diagnostic methods and radiotherapy of SPbGPMU, ORCID 0000-0002-4131-6293;

Anna A. Arkhitskaya — junior researcher of the scientific department of general oncology of NMRC of Oncology named after N. N. Petrov of MoH of Russia; 174644, Russia, St. Petersburg, Pesochny village, Leningradskaya street, 68; ORCID 0000-0002-6317-4644.

Вклад авторов: все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — *И. А. Буровик, Г. Г. Прохоров*; сбор и математический анализ данных — *И. А. Буровик, А. А. Архипкина*; подготовка рукописи — *И. А. Буровик, Г. Г. Прохоров, С. С. Баененко*.

Authors' contributions: All authors met the ICMJE authorship criteria. Special contribution *IAB, GGP* aided in the concept and plan of the study; *IAB, AAA* provided collection and mathematical analysis of data; *IAB, GGP, SSB* preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure: the authors declare that they have no competing interests.

Соответствие принципам этики: Одобрения этического комитета не требовалось, информированное согласие получено от каждого пациента.

Adherence to ethical standards: The approval of the ethics committee was not required, informed consent was obtained from each patient.

Поступила/Received: 14.12.2022

Принята к печати/Accepted: 21.02.2023

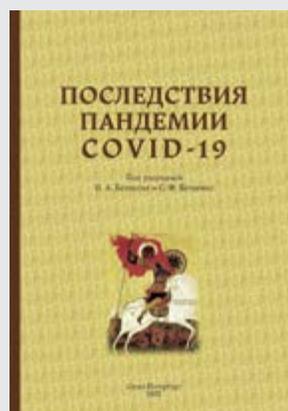
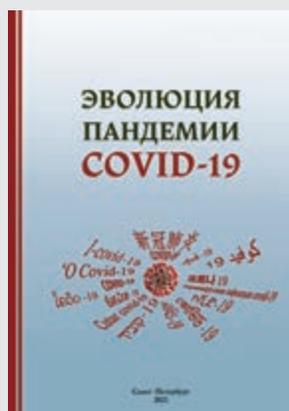
Опубликована/Published: 29.03.2023.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Cazzato R.L., Arrigoni F., Boatta E., Bruno F. et al. Percutaneous management of bone metastases: state of the art, interventional strategies and joint position statement of the Italian College of MSK Radiology (ICoMSKR) and the Italian College of Interventional Radiology (ICIR) // *Radiology Med.* 2019. Vol. 124, No. 1. P. 34–49. doi: 10.1007/s11547-018-0938-8.
- Shimohira M., Nagai K., Hashizume T., Nakagawa M. et al. Preoperative transarterial embolization using gelatin sponge for hypervascular bone and soft tissue tumors in the pelvis or extremities // *Acta Radiologica.* 2016. Vol. 57, No. 4. P. 457–462. doi: 10.1177/0284185115590435.
- Kickuth R., Waldherr C., Hoppe H., Bonel H.M. et al. Interventional management of hypervascular osseous metastasis: role of embolotherapy before orthopedic tumor resection and bone stabilization // *AJR American Journal of Roentgenology.* 2008. Vol. 191, No. 6. P. 240–247. doi: 10.2214/AJR.07.4037. PMID: 19020210.
- Dalili D., Isaac A., Bazzocchi A., Åström G., Bergh J. et al. Interventional Techniques for Bone and Musculoskeletal Soft Tissue Tumors: Current Practices and Future Directions. Part I. Ablation // *Semin Musculoskelet Radiol.* 2020. Vol. 24, No. 6. P. 692–709. doi: 10.1055/s-0040-1719103. Epub 2020 Dec 11. PMID: 33307585.
- Barile A., Arrigoni F., Bruno F., Palumbo P. et al. Present role and future perspectives of interventional radiology in the treatment of painful bone lesions // *Future Oncology.* 2018. Vol. 14. P. 2945–2955. doi: 10.2217/ton-2017-0657.
- Arrigoni F., De Cataldo C., Bruno F., Palumbo P. et al. Ablation, consolidation and radiotherapy for the management of metastatic lesions of the spine: Impact on the quality of life in a mid-term clinical and diagnostic follow-up in a pilot study // *Medical Oncology.* 2020. Vol. 37. P. 53. doi: 10.1007/s12032-020-01378-6.
- Di Staso M., Zugaro L., Gravina G.L., Bonfili P. et al. A feasibility study of percutaneous radiofrequency ablation followed by radiotherapy in the management of painful osteolytic bone metastases // *European Radiology.* 2011. Vol. 21. P. 2004–2010. doi: 10.1007/s00330-011-2133-3.
- Macedo F., Ladeira K., Pinho F., Saraiva N., Bonito N., Pinto L., Goncalves F. Bone Metastases: An Overview // *Oncology Reviews.* 2017. Vol. 11, No. 1. P. 321. doi: 10.4081/oncol.2017.321.

9. Hillen T.J., Anchala P., Friedman M.V., Jennings J.W. Treatment of metastatic posterior vertebral body osseous tumors by using a targeted bipolar radiofrequency ablation device: technical note // *Radiology*. 2014. Vol. 273, No. 1. P. 261–267. doi: 10.1148/radiol.14131664. Epub 2014 Jun 13. PMID: 24927327.
10. Prologo J.D., Passalacqua M., Patel I., Bohnert N., Corn D.J. Image-guided cryoablation for the treatment of painful musculoskeletal metastatic disease: a single-center experience // *Skeletal Radiology*. 2014. Vol. 43, No. 11. P. 1551–1559. doi: 10.1007/s00256-014-1939-x. Epub 2014 Jun 28. PMID: 24972918.
11. Thacker P.G., Callstrom M.R., Curry T.B., Mandrekar J.N. et al. Palliation of painful metastatic disease involving bone with imaging-guided treatment: comparison of patients' immediate response to radiofrequency ablation and cryoablation // *AJR American Journal of Roentgenology*. 2011. Vol. 197, No. 2. P. 510–515. doi: 10.2214/AJR.10.6029. PMID: 21785102.
12. Goetz M.P., Callstrom M.R., Charboneau J.W., Farrell M.A. et al. Percutaneous image-guided radiofrequency ablation of painful metastases involving bone: a multicenter study // *Journal of Clinical Oncology*. 2004. Vol. 22, No. 2. P. 300–306. doi: 10.1200/JCO.2004.03.097. PMID: 14722039.
13. Dupuy D.E., Liu D., Hartfeil D., Hanna L., Blume J.D. et al. Percutaneous radiofrequency ablation of painful osseous metastases: a multicenter American College of Radiology Imaging Network trial // *Cancer*. 2010. Vol. 116, No. 4. P. 989–997. doi: 10.1002/cncr.24837. PMID: 20041484; PMCID: PMC2819592.
14. Callstrom M.R., Dupuy D.E., Solomon S.B., Beres R.A. et al. Percutaneous image-guided cryoablation of painful metastases involving bone: multicenter trial // *Cancer*. 2013. Vol. 119, No. 5. P. 1033–1041. doi: 10.1002/cncr.27793. Epub 2012 Oct 12. PMID: 23065947; PMCID: PMC5757505.
15. Буровик И.А., Прохоров Г.Г., Мелдо А.А., Багненко С.С. Стереотаксическая криоабляция при метастатическом поражении грудины // *Онкология. Журнал им. П. А. Герцена*. 2022. № 11 (2). С. 40–45. [Burovik I.A., Prokhorov G.G., Meldo A.A., Bagnenko S.S. Stereotactic cryoablation in metastatic lesions of the sternum. *Oncology. Journal n. a. P. A. Herzen*, 2022, No. 11 (2). P. 40–45 (In Russ.)].
16. Буровик И.А., Прохоров Г.Г., Багненко С.С., Васильев А.В. Пункционная чрескожная криоабляция при метастатическом поражении ребер // *Креативная хирургия и онкология*. 2022. Т. 12, № 3. С. 187–192. [Burovik I.A., Prokhorov G.G., Bagnenko S.S., Vasiliev A.V. Puncture percutaneous cryoablation for metastatic ribs. *Creative Surgery and Oncology*, 2022, Vol. 12, No. 3, pp. 187–192 (In Russ.)]. doi: 10.24060/2076-3093-2022-12-3-187-192.
17. Saifuddin A., Palloni V., du Preez H., Junaid S.E. Review article: the current status of CT-guided needle biopsy of the spine // *Skeletal Radiology*. 2021. Vol. 50, No. 2. P. 281–299. doi: 10.1007/s00256-020-03584-9. Epub 2020 Aug 19. PMID: 32815040.
18. Theodorescu D. Cancer cryotherapy: evolution and biology. *Reviews in Urology*. 2004. Vol. 6, Suppl. 4. S9-S19. PMID: 16985871; PMCID: PMC1472868.
19. Kurup A.N., Morris J.M., Boon A.J., Strommen J.A. et al. Motor evoked potential monitoring during cryoablation of musculoskeletal tumors // *Journal of Vascular Interventional Radiology*. 2014. Vol. 25, No. 11. P. 1657–1664. doi: 10.1016/j.jvir.2014.08.006. Epub 2014 Sep 22. PMID: 25245367.
20. Masala S., Chiocchi M., Taglieri A., Bindi A. et al. Combined use of percutaneous cryoablation and vertebroplasty with 3D rotational angiograph in treatment of single vertebral metastasis: comparison with vertebroplasty. *Neuroradiology*. 2013. Vol. 55, No. 2. P. 193–200. doi: 10.1007/s00234-012-1096-7. Epub 2012 Sep 27. PMID: 23014893.
21. Tomasian A., Wallace A., Northrup B., Hillen T.J., Jennings J.W. Spine Cryoablation: Pain Palliation and Local Tumor Control for Vertebral Metastases // *AJNR American Journal of Neuroradiology*. 2016. Vol. 37, No. 1. P. 189–195. doi: 10.3174/ajnr.A4521. Epub 2015 Oct 1. PMID: 26427837; PMCID: PMC7960222.

Библиотека журнала «ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии». НОВИНКИ 2020–2022



Монографии подготовлены в виде избранных лекций по отдельным направлениям как информационно-аналитическое издание для непрерывного медицинского образования с использованием первого клинического опыта. На основании анализа публикаций ведущих клиник и лабораторий, работающих в области изучения новой коронавирусной инфекции COVID-19, освещены природа вируса, патогенез и клинические проявления заболевания. Дан анализ применяемых методов лечения и профилактики. Введены элементы анализа течения инфекции в различных регионах и странах мира, представлено осмысление авторами эпидемического процесса и организации помощи больным. В ряду диагностических методов описаны применяемые клинические, лабораторные и инструментальные, включая молекулярно-биологические, биохимические, радиологические исследования возможных изменений. Уделено особое внимание иммунной системе и органам пищеварения при COVID-19. Издания подготовлены для врачей и клинических ординаторов различного профиля, работающих в период развития эпидемии коронавирусной инфекции, аспирантов и студентов медицинских вузов.

**Приобрести книги можно
на сайте издательства <https://www.bmoc-spb.ru/>**