

Искусственный интеллект в персонализированном выборе тактики хирургического лечения при метастатическом поражении костей

А.В. Бухаров¹, А.А. Курильчик², А.А. Барашев³, В.А. Державин¹, А.В. Ядрина¹, Д.А. Ерин¹, Д.О. Елхов¹, М.Д. Алиев⁴, А.Д. Каприн⁴

¹Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России; Россия, 125284 Москва, 2-й Боткинский пр-д, 3;

²Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России; Россия, 249031 Обнинск, ул. Маршала Жукова, 10;

³ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии» Минздрава России; Россия, 344037 Ростов-на-Дону, 14-я линия, 63;

⁴ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России; Россия, 125284 Москва, 2-й Боткинский пр-д, 3

Контакты: Дмитрий Алексеевич Ерин ErinDmAl@yandex.ru

Введение. Определение тактики хирургического лечения больных с метастатическим поражением костей — одна из важных проблем современной онкологии. У большинства пациентов с метастатическим поражением скелета хирургические вмешательства направлены на паллиативное лечение, однако в отдельных случаях при солитарных метастазах могут применяться радикальные резекции с реконструктивно-пластическим компонентом. Прогноз продолжительности жизни, связанный с гистологической структурой злокачественной опухоли, является основным и решающим фактором при определении подходящего типа хирургического лечения.

Цель исследования — создание программного обеспечения для выбора тактики хирургического лечения пациентов с метастатическим поражением костей.

Материалы и методы. Проанализировано лечение 715 пациентов, которым выполнено хирургическое вмешательство по поводу метастатического поражения костей различных локализаций. Всего проведено 780 операций. Хирургические вмешательства по поводу осложненного течения метастатического процесса в костях позвоночника выполнялись в 48,5 % случаях, длинных костях — в 247 (35 %), костях таза — в 81 (11 %), грудной стенке — в 40 (5,5 %).

Результаты. Полное исчезновение или существенное уменьшение болевого синдрома после хирургического лечения метастатического поражения костей отмечено у 629 (88 %) больных. Улучшение качества жизни по шкалам Карновского и Восточной кооперативной онкологической группы (Eastern Cooperative Oncology Group, ECOG) после операции выявлено у 633 (88,5 %) пациентов. Послеоперационные осложнения развились у 49 (7 %) больных, большинство из них были инфекционного характера (21 (3 %) случай). Ошибки в выборе тактики хирургического лечения выявлены у 49 (7 %) пациентов. Общая 1-летняя выживаемость составила 52 %. На основе результатов анализа мировых данных литературы и собственного опыта модернизирован алгоритм лечения данной категории пациентов и разработана 14-балльная шкала прогноза продолжительности жизни. Их использование позволило создать программное обеспечение BoneMetaLife для определения тактики хирургического лечения при метастатическом поражении костей.

Заключение. Адекватная хирургическая тактика при метастатическом поражении различных отделов скелета и благоприятном онкологическом прогнозе способствует улучшению качества жизни больных, а также увеличению показателей выживаемости пациентов с солитарными метастазами. Разработка новой тактики лечения, основанной на прогнозе продолжительности жизни пациентов и алгоритмах хирургического лечения, позволит сократить вероятность ошибки в выборе метода онкоортопедического пособия и повысить эффективность лечения.

Ключевые слова: хирургическое лечение, метастаз в кости, онкологический прогноз, искусственный интеллект

Для цитирования: Бухаров А.В., Курильчик А.А., Барашев А.А. и др. Искусственный интеллект в персонализированном выборе тактики хирургического лечения при метастатическом поражении костей. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи 2024;16(3):11–8.

DOI: <https://doi.org/10.17650/2219-4614-2024-16-3-11-18>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PERSONALIZED SELECTION OF SURGICAL TREATMENT TACTICS FOR BONE METASTASES

A.V. Bukharov¹, A.A. Kurilchik², A.A. Barashev³, V.A. Derzhavin¹, A.V. Yadrina¹, D.A. Erin¹, D.O. Elkhov¹, M.D. Aliev⁴, A.D. Kaprin⁴

¹P.A. Herzen Moscow Research Oncology Institute — branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia; 3 2nd Botkinskiy Proezd, Moscow 125284, Russia;

²A.F. Tsyb Medical Radiological Research Center — branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia; 10 Marshala Zhukova St., Obninsk 249031, Russia;

³National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of Russia; 63 14th Line, Rostov-on-Don 344037, Russia;

⁴National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia;

3 2nd Botkinskiy Proezd, Moscow 125284, Russia

Contacts: Dmitry Alekseevich Erin ErinDmAl@yandex.ru

Introduction. Selection of surgical treatment tactics for patients with bone metastases is one of the important problems of modern oncology. In the majority of patients with metastatic bone lesions, surgical interventions are aimed at palliative treatment; however, in some cases of solitary metastases, radical resections with a reconstructive component can be performed. Lifespan prognosis associated with histological structure of malignant tumor is the main and crucial factor in determination of suitable type of surgical treatment.

Aim. To create software for selection of surgical tactics treatment in patients with bone metastases.

Materials and methods. Treatments of 715 patients who underwent surgical interventions for bone metastases of various locations were analyzed. In total, 780 surgeries were performed. Surgical interventions due to complex progression of bone metastases in the vertebral bones were performed in 48.5 % of cases, long bones in 247 (35 %) cases, pelvic bones in 81 (11 %) cases, thoracic bones in 40 (5.5 %) cases.

Results. Complete elimination or significant reduction of pain syndrome after surgical treatment of bone metastases were observed in 629 (88 %) patients. Improved quality of life per the Karnofsky and Eastern Cooperative Oncology Group (ECOG) scales after surgery was observed in 633 (88.5 %) patients. Postoperative complications developed in 49 (7 %) patients, mostly of infectious type (21 (3 %) cases). Errors in selection of surgical treatment tactics were identified in 49 (7 %) cases. Overall 1-year survival was 52 %. Based on the results of analysis of international literature data and our own experience, treatment algorithm for this patient category was modernized, and 14-point lifespan prognosis scale was developed. Their use allowed to develop the BoneMetaLife software for determination of surgical treatment tactics for bone metastases.

Conclusion. Adequate surgical tactics for treatment of bone metastases of various parts of the skeleton and favorable oncological prognosis improves patients' quality of life and increases survival in patients with solitary metastases. Development of new treatment tactics based on patient lifespan prognosis and algorithms of surgical treatment will allow to decrease the probability of errors in selection of onco-orthopedic help and increase treatment effectiveness.

Keywords: surgical treatment, bone metastases, oncological prognosis, artificial intelligence

For citation: Bukharov A.V., Kurilchik A.A., Barashev A.A. et al. Artificial intelligence in personalized selection of surgical treatment tactics for bone metastases. *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi = Bone and Soft Tissue Sarcomas, Tumors of the Skin* 2024;16(3):11–8. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/2219-4614-2024-16-3-11-18>

Введение

В течение последних десятилетий неоднократно предпринимались попытки разработать новые системы, помогающие в принятии решения о тактике лечения пациентов с метастатическим поражением костей [1–5]. Большинство из них основывалось на оценке ожидаемой продолжительности жизни больных. Хирурги могут использовать эти системы (прогностические шкалы) для выявления пациентов с довольно высокими показателями выживаемости, которым можно провести операцию. Однако данные системы не помогают выбрать метод хирургического вмешательства, к тому же их точность со временем снижается, что связано в первую очередь

с неспособностью отражать улучшение показателей выживаемости, обусловленной достижениями в лекарственном лечении онкологических пациентов [6–8].

Для определения наиболее подходящей методики хирургического лечения ранее использовались алгоритмические шкалы, основанные на рентгенологических показателях, локализации поражения и характеристиках опухолевого очага. Однако они не давали онкологам-хирургам представления о возможной продолжительности жизни пациентов [9–11].

По нашему мнению, необходимо рассмотреть вопрос о сочетании в одном программном обеспечении двух систем — прогностических и алгоритмических шкал.

Материалы и методы

Мы проанализировали результаты диагностики и хирургического лечения 715 пациентов (230 (32 %) мужчин и 485 (68 %) женщин) с осложненным течением метастатического поражения костей, находившихся с 2006 по 2020 г. в отделении онкоортопедии Московского научно-исследовательского онкологического института им. П.А. Герцена — филиала Национального медицинского исследовательского центра радиологии. Средний возраст больных составил 57 (25–73) лет.

В исследование включены пациенты, получившие хирургическое лечение по поводу метастатического поражения костей, осложненного патологическим переломом или угрозой его возникновения, компрессией спинного мозга и/или выраженным болевым синдромом, обусловленным опухолевыми изменениями в скелете.

Чаще всего хирургическое вмешательство выполнялось пациентам с метастазами в костях рака молочной железы (307 (43 %) случаев), рака почки (85 (12 %) случаев) и легкого (40 (6 %) случаев). У 32 (5 %) больных обнаружены метастазы в скелете рака без первично выявленного очага, у 31 (4 %) — рака предстательной железы, у 31 (4 %) — рака щитовидной железы. У 30 (4 %) пациентов имелось лимфопролиферативное заболевание с поражением костей, при этом наиболее часто наблюдалась миеломная болезнь. Метастазы колоректального рака, рака пищевода, желудка, мочевого пузыря, области головы и шеи, сарком костей и мягких тканей и меланомы кожи наблюдались в 2,5–3,5 % случаев. У 13 (2 %) пациентов выявлен гепатоцеллюлярный рак и рак желчного пузыря, у 8 (1 %) — метастазы рака шейки матки, у 8 (1 %) — рака эндометрия, у 8 (1 %) — рака яичников.

Всего выполнено 780 хирургических вмешательств. Наиболее часто операции по поводу осложненного течения метастатического процесса в костях проводились на позвоночнике — 48,5 % всех операций. Это, вероятнее всего, связано с наиболее частым его метастатическим поражением по сравнению с другими отделами скелета. Хирургические вмешательства по поводу осложненного течения метастатического процесса в длинных костях выполнялись в 247 (35 %) случаях, костях таза — в 81 (11 %), грудной стенке — в 40 (5,5 %).

У пациентов с метастазами в длинных костях ($n = 247$) чаще всего хирургическое вмешательство выполнялось на костях нижней конечности (179 (72 %) случаев), реже — на костях верхних конечностей (68 (28 %) случаев). При этом наиболее часто поражались бедренная (149 случаев) и плечевая (63 случая) кости.

У 145 из 247 пациентов с метастатическим поражением длинных костей уже имелся патологический перелом кости, у 102 — его угроза.

У больных с метастатическим поражением позвоночного столба ($n = 347$) наиболее часто хирургическое вмешательство выполнялось на грудном уровне

(199 (57 %) случаев), поясничном отделе позвоночника (101 (29 %) случаев), крестцовом отделе (35 (10 %) случаев) и шейном уровне (12 (4 %) случаев).

Неврологические нарушения наблюдались у 192 (55 %) из 347 пациентов с метастатическим поражением позвоночника. При этом у 19 (5 %) больных на момент операции имелась параплегия нижних конечностей продолжительностью до 7 сут, у 71 (20 %) — симптомы выраженного парапареза, у 102 (30 %) — умеренный парапарез.

В группе пациентов с метастатическим поражением грудной стенки ($n = 40$) хирургическое вмешательство выполнено 25 (62 %) больным с локализацией метастазов в ребрах и 15 (38 %) больным с поражением тела и/или рукоятки грудины.

У больных с метастатическим поражением костей таза ($n = 81$), согласно классификации W. Enneking, хирургическое вмешательство наиболее часто выполнялось при изменениях в области РП (60 (75 %) случаев). Операции проведены 17 (20 %) пациентам с поражением области РП и 4 (5 %) — с поражением области РПП.

Результаты

Основной целью хирургического лечения пациентов с метастазами в костях является улучшение качества их жизни путем уменьшения болевого синдрома, стабилизации пораженного костного сегмента и адекватной врачебной и сестринской помощи. В случае солитарного метастатического поражения хирургическое вмешательство было направлено не только на паллиативные цели, но и на радикальную ликвидацию опухолевого очага в надежде на увеличение продолжительности жизни больных.

После хирургического вмешательства по поводу метастатического поражения костей удалось снизить дозу обезболивающих препаратов или полностью отказаться от них в 620 (87 %) случаях (болевого синдром оценивали по шкале Watkins). У 95 (13 %) пациентов, 33 (5 %) из которых до онкоортопедического пособия не принимали обезболивающие препараты, операция не позволила уменьшить дозу анальгетиков. Полное исчезновение или существенное уменьшение болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале после хирургического лечения метастатического поражения костей отмечено у 629 (88 %) больных. Интенсивность боли не изменилась у 86 (12 %) пациентов. При этом у 25 (3,5 %) больных до операции этого синдрома не было.

Улучшение качества жизни по шкалам Карновского и Восточной кооперативной онкологической группы (Eastern Cooperative Oncology Group, ECOG) после операции отмечено у 633 (88,5 %) больных, у 82 (11,5 %) пациентов оно не изменилось. При этом в 44 (6 %) случаях качество жизни до операции существенно не снизилось

и было в пределах 90–100 % по шкале Карновского и 0 баллов по шкале ECOG.

Послеоперационные осложнения развились у 36 (5 %) больных, большинство из них были инфекционного характера (21 (3 %) случай). Ошибки в выборе тактики хирургического лечения отмечены в 49 (7 %) случаях.

В ходе анализа отдаленных результатов лечения всей группы пациентов ($n = 715$) выявлено, что общая 1-летняя выживаемость составила 52 %, 2-летняя — 29 %, 3-летняя — 17 %, 5-летняя — 12 %.

Результаты анализа мировых данных литературы и собственного опыта позволили модернизировать алгоритм терапии данной категории пациентов и разработать 14-балльную математическую шкалу прогноза продолжительности жизни. В основе созданного нами алгоритма хирургического лечения пациентов с метастатическим поражением костей лежат распространенность опухолевого процесса, рентгенологический характер метастатической опухоли, клиническая картина и прогноз продолжительности жизни в зависимости от наиболее частых локализаций метастазов (позвоночник, кости таза, длинные кости и грудная стенка).

Разработка алгоритмов хирургического лечения пациентов с метастатическим поражением костей подтвердила необходимость определения предполагаемой продолжительности жизни больных, для чего нужно выделить факторы, влияющие на прогноз заболевания. Для формирования системы прогнозирования продолжительности жизни пациентов с метастазами в костях мы исследовали 14 потенциально значимых прогностических факторов, в том числе индекс массы тела, пол, индекс коморбидности Чарлсона, гистологическую структуру опухоли, общее состояние пациента, количество висцеральных метастазов и метастазов в костной системе, безметастатический промежуток, показатели лабораторных исследований, наличие химиотерапии в анамнезе, наличие патологического перелома и степень неврологического дефицита.

С учетом гистологической структуры метастатического поражения костной ткани и медианы выживаемости пациенты были разделены на 3 группы. Больные, медиана выживаемости которых составила <10 мес, вошли в группу быстрого роста опухоли, от 10 до 20 мес — умеренного темпа роста опухоли, >20 мес — медленного роста опухоли.

Результаты статистического анализа показали, что наиболее неблагоприятными прогностическими факторами у пациентов с метастатическим поражением костей являются гистологический тип первичной опухоли (в группе быстрого роста опухоли) (коэффициент риска (КР) = 5,11), наличие висцеральных метастазов (КР = 3,1), индекс коморбидности по Чарлсону >10 (КР = 3,07) и наличие критических отклонений в показателях лабораторных исследований (КР = 2,91),

поскольку они больше всего влияют на выживаемость (КР >2,9). Также к отрицательным факторам прогноза относятся индекс массы тела <16 или >30 (КР = 2,02), гистологический тип первичной опухоли (в группе умеренного роста опухоли) (КР = 2,57), появление метастазов одновременно с первичной опухолью (КР = 1,56), химиотерапия в анамнезе (КР = 1,41) и оценка качества жизни больных 3 или 4 балла по шкале ECOG (КР = 2,22).

Наличие мутаций в генах *EGFR* и *ALK* в опухоли у пациентов с метастазами в кости рака легкого, гормонозависимые формы опухоли у больных с метастазами рака молочной и предстательной желез улучшают прогноз заболевания в 2–3 раза и являются важными прогностическими факторами при выборе тактики хирургического лечения, позволяя выполнять оперативные вмешательства в наиболее расширенных объемах.

Усовершенствованная 14-балльная математическая шкала прогноза продолжительности жизни, включающая 5 онкологических и 4 клинических фактора, позволяет с точностью до 91 % определить группы хорошего (предполагаемая продолжительность жизни >1 года), умеренного (предполагаемая продолжительность жизни — от 6 до 12 мес) и плохого (предполагаемая продолжительность жизни <6 мес) прогнозов пациентов с метастатическим поражением костей.

Получение прогностической модели дало возможность разработать программу, позволяющую выбрать метод хирургического лечения пациентов с метастатическим поражением костей. Для создания искусственного интеллекта необходимо объединить алгоритмы с системой прогнозирования. В результате их совместного использования мы можем проанализировать исходные данные пациента (анамнез заболевания, гистологическую структуру опухоли, возраст и общее соматическое состояние пациента, сопутствующую патологию, рентгенологические и клинические данные, степень распространенности опухолевого процесса и т. д.) и выбрать оптимальный метод хирургического лечения.

Поставленная задача реализована: создано программное обеспечение для мобильных устройств с целью разработки тактики хирургического лечения при метастатическом поражении костей (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021614241) [2]. В рамках программы BoneMetaLife реализуется процедура выбора тактики хирургического вмешательства при метастатическом поражении костей.

Исходными данными для программы являются значения, вводимые пользователем через графический интерфейс (рис. 1), а результатом — рекомендации по выбору тактики лечения, основанные на алгоритме выбора (рис. 1).

Программу BoneMetaLife можно скачать из магазина приложений Google Play Store при наличии мобильного устройства с операционной системой Android по ссылке <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru>.

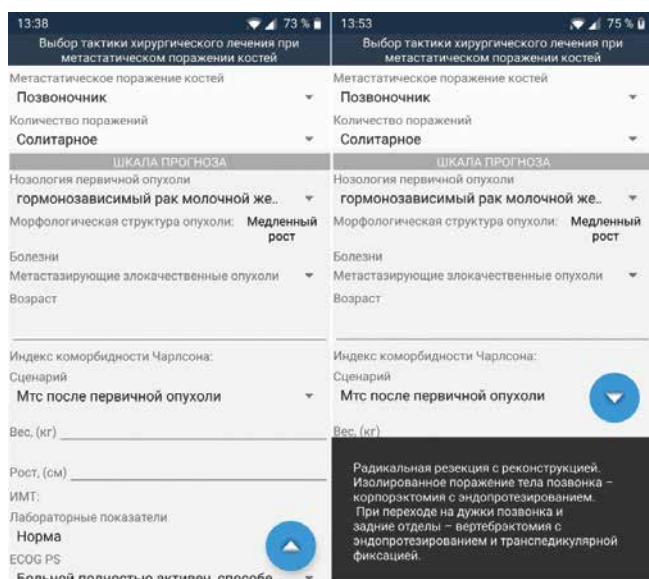


Рис. 1. Графический интерфейс программы BoneMetaLife
Fig. 1. Graphic interface of the BoneMetaLife program

nmicr.bonemetalife и в магазине приложений App Store, в разделе онлайн-магазина iTunes Store при наличии портативных девайсов на платформе IOS по ссылке <https://apps.apple.com/us/app/bonemetalife/id1565116746?platform=iphone>.

Реализация предложенной нами модели выбора тактики хирургического лечения пациентов с метастатическим поражением костей в виде программного обеспечения на портативном устройстве имеет массу преимуществ по сравнению с номограммами и мате-

матическими шкалами, используемыми в настоящее время. Программное обеспечение на мобильном устройстве позволяет обновлять приложение так часто, как это будет требоваться с учетом достижений в лечении онкологических пациентов и появления новых факторов прогноза продолжительности их жизни. К тому же программу для мобильных устройств можно применять в любом месте, всего лишь открыв программное обеспечение на своем девайсе и используя сенсорный экран с виртуальной клавиатурой.

Примеры использования программного обеспечения BoneMetaLife в выборе тактики хирургического лечения при метастатическом поражении костей в клинической практике представлены ниже.

Пример 1

Пациенту, 69 лет, по поводу рака пищевода ранее было проведено комбинированное лечение, включающее предоперационную лучевую терапию и экстирпацию пищевода с пластикой. Через 9 мес после операции больной отметил появление опухолевого образования в области грудной стенки. В ходе обследования по данным позитронной эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией, выявлено солитарное метастатическое поражение рукоятки грудины (рис. 2). Рекомендации по данным программы BoneMetaLife – радикальная резекция грудной стенки с реконструкцией (прогноз благоприятный – ожидаемая продолжительность жизни >1 года).

Пациенту выполнена экстирпация рукоятки грудины с реконструкцией титановым эндопротезом, изготовленным индивидуально на 3D-принтере. Послеоперационный период протекал без осложнений. Далее больной



Рис. 2. Результаты обследования пациента с метастатическим поражением рукоятки грудины размером <10 см: а – компьютерная томография грудины до операции; б – рекомендации по стратегии лечения по данным программы BoneMetaLife (снимок экрана смартфона); в – рентгенография грудной клетки после ее резекции с пластикой индивидуально изготовленным титановым эндопротезом

Fig. 2. Results of examination of a patient with metastatic lesion in the manubrium of sternum, size <10 cm: а – computed tomography of the sternum prior to surgery; б – recommendations on treatment strategy per the BoneMetaLife software (screenshot of a smartphone display); в – X-ray of the thoracic cage after its resection with reconstruction using titanium endoprosthesis

находился под строгим динамическим наблюдением. Дальнейшее прогрессирование заболевания диагностировано через 13 мес после операции. Пациент умер через 2 года после экстирпации грудины.

Таким образом, можно констатировать правильность выработанной тактики хирургического лечения данного пациента. Резекция грудной стенки с реконструкцией позволила больному в течение 13 мес прожить без прогрессирования опухолевого процесса.

Пример 2

Пациентке, 45 лет, по поводу синовиальной саркомы мягких тканей голени ранее проведено комбинированное лечение: 6 курсов полихимиотерапии и хирургическое вмешательство. Через 2 года после операции больная отметила появление болевого синдрома в левой пахово-подвздошной области. В ходе обследования выявлено прогрессирование заболевания в виде солитарного поражения правой подвздошной кости в области крестцово-подвздошного сочленения (рис. 3). Рекомендации по данным программы BoneMetaLife — радикальная резекция костей таза с реконструкцией (прогноз благоприятный — ожидаемая продолжительность жизни >1 года).

Пациентке выполнена резекция крестцово-подвздошного сочленения с металлоостеосинтезом винтовым аппаратом. Послеоперационный период прошел без осложнений. Больная активизирована на 3-и сутки после операции. До 1,5 мес она передвигалась с помощью костылей, далее — без дополнительных средств опоры. После хирургического вмешательства прошло 18 мес, пациентка находится под наблюдением. Данных, свидетельствующих о прогрессировании заболевания, нет.

Таким образом, можно констатировать правильность выработанной тактики хирургического лечения данной пациентки. Резекция крестцово-подвздошного сочленения с металлоостеосинтезом позволила больной в течение 18 мес прожить без прогрессирования заболевания и сохранить высокое качество жизни.

С целью определения корректности работы программы BoneMetaLife данные всех 715 пациентов были проанализированы с ее использованием (табл. 1).

В процессе статистического анализа выявлено, что выполненное хирургическое вмешательство совпало с рекомендациями программного обеспечения в 613 (85,5 %) случаях, при этом хуже всего результаты оказались в группе остеосинтеза длинных костей (30 (46 %) случаев), где было допущено больше всего тактических ошибок.

Рекомендации программного обеспечения совпали с необходимым объемом хирургического вмешательства в зависимости от известной продолжительности жизни в 647 (90,5 %) случаях. С учетом эффективности шкалы прогноза ожидаемой продолжительности жизни пациентов, которая была использована в разработанной программе, сопоставимой с корректностью программного обеспечения (90,5–91,7 % случаев), можно говорить о том, что дальнейшее улучшение прогностической модели приведет в последующем к увеличению показателей корректности работы программы.

Результаты анализа данных 49 больных, у которых допущены тактические ошибки в выборе хирургического вмешательства по поводу метастатического поражения костей, показали, что у 43 (88 %) из них с помощью программы BoneMetaLife получены



Рис. 3. Результаты обследования пациентки с метастатическим поражением правой подвздошной кости в области крестцово-подвздошного сочленения размером <10 см: а – компьютерная томография до операции; б – рекомендации по стратегии лечения по данным программы BoneMetaLife (снимок экрана смартфона); в – рентгенография костей таза после резекции крестцово-подвздошного сочленения с металлоостеосинтезом

Fig. 3. Results of examination of a female patient with metastatic lesion in the right iliac bone near the sacroiliac joint, size <10 cm: а – computed tomography prior to surgery; б – recommendations on treatment strategy per the BoneMetaLife software (screenshot of a smartphone display); в – X-ray of the pelvic bones after resection of the sacroiliac joint with metal osteosynthesis

Таблица 1. Оценка корректности работы программы BoneMetaLife**Table 1.** Evaluation of accuracy of BoneMetaLife software

Локализация опухоли Tumor location	Объем операции Volume of surgery	Число пациен- тов, <i>n</i> Number of patients, <i>n</i>	Совпадения с данными программы, <i>n</i> (%) Agreement with software data, <i>n</i> (%)	Корректность работы программы, <i>n</i> (%) Software accuracy, <i>n</i> (%)
Позвоночник Spine	Декомпрессия Decompression	162	143 (88,0)	145 (89,5)
	Малоинвазивные операции Minimally invasive surgeries	168	150 (89,0)	152 (90,0)
	Эндопротезирование Endoprosthesis	17	14 (82,0)	15 (88,0)
Кости таза Pelvis	Малоинвазивные операции Minimally invasive surgeries	60	52 (86,5)	57 (95,0)
	Резекции Resections	21	19 (90,5)	19 (90,5)
Длинные кости Long bones	Остеосинтез Osteosynthesis	65	30 (46,0)	58 (89,0)
	Эндопротезирование Endoprosthesis	182	169 (92,0)	165 (90,5)
Грудная стенка Thoracic wall	Резекции Resections	40	36 (90,0)	36 (90,0)
<i>Всего</i> <i>Total</i>		715	613 (85,5)	647 (90,5)

правильные рекомендации по объему ортопедического пособия с учетом известной продолжительности жизни больных. Соответственно, можно сделать вывод, что при использовании разработанного нами программного обеспечения в этих случаях можно было избежать тактических ошибок.

Программа BoneMetaLife прошла внешнюю валидацию в отделении опухолей костей, кожи, мягких тканей и молочной железы Национального медицинского исследовательского центра онкологии (г. Ростов-на-Дону). За время апробации программы проанализированы данные 28 пациентов, при этом в 25 (89 %) случаях предложенная ею тактика лечения совпала с мнением междисциплинарного консилиума, что свидетельствует о высокой корректности ее работы. Программное обеспечение рекомендовано к использованию в Национальном медицинском исследовательском центре онкологии (г. Ростов-на-Дону) и онкологической службе Южного федерального округа.

При апробации разработанного нами программного обеспечения для выработки тактики хирургического лечения при метастатическом поражении костей в отделении комбинированного лечения опухолей костей, мягких тканей и кожи Медицинского радиологического научного центра им. А.Ф. Цыба — филиала Национального медицинского исследовательского центра радиологии проанализированы результаты его использования у 35 пациентов. В 31 (88,5 %) случае предложенная программой тактика лечения совпала с мнением консилиума.

Заключение

Успешная внешняя валидация программы BoneMetaLife в условиях двух федеральных центров онкологии свидетельствует о высокой корректности ее работы. При этом дальнейший поиск новых факторов прогноза и усовершенствование алгоритмов хирургического лечения с учетом развития онкологии в дальнейшем позволят увеличить точность данного программного обеспечения.

Реализация предложенной нами модели выбора тактики хирургического лечения пациентов с метастатическим поражением костей в виде программного обеспечения для портативного устройства, в отличие от номограмм и математических шкал, которые используются в настоящее время, позволяет обновлять приложение так часто, как это необходимо, с учетом достижений в терапии онкологических пациентов и появления новых факторов прогноза продолжительности их жизни.

Определение тактики хирургического лечения пациентов с метастатическим поражением костей является сложной мультидисциплинарной задачей. Успехи лечения онкологических больных на фоне повышения эффективности лекарственной и лучевой терапии и совершенствования хирургических методов лечения привели к улучшению выживаемости этой тяжелой категории больных. Разработка новых систем, помогающих в выборе метода лечения, вносит большой вклад в лечение пациентов с метастатическим поражением костей.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Бухаров А.В., Алиев М.Д., Державин В.А., Ядрина А.В. Стратегия персонализированного хирургического лечения онкологических больных с метастазами в костях. Онкология. Журнал им. П.А. Герцена 2020;9(3):61–5.
Bukharov A.V., Aliyev M.D., Derzhavin V.A., Yadrina A.V. Strategy of personalized surgical treatment of cancer patients with bone metastases. Onkologiya. Zhurnal im. P.A. Gertsena = Oncology. P.A. Herzen Journal 2020;9(3):61–5. (In Russ.).
2. Bauer H.C. Controversies in the surgical management of skeletal metastases. J Bone Joint Surg Br 2005;87(5):608–17.
DOI: 10.1302/0301-620X.87B5.16021
3. Guerrieri A.N., Montesi M., Sprio S. et al. Innovative options for bone metastasis treatment: an extensive analysis on biomaterials-based strategies for orthopedic surgeons. Front Bioeng Biotechnol 2020(6);8:589964. DOI: 10.3389/fbioe.2020.589964
4. Janssen S.J., van der Heijden A.S., van Dijke M. et al. 2015 Marshall Urist Young Investigator Award: prognostication in patients with long bone metastases: does a boosting algorithm improve survival estimates? Clin Orthop Relat Res 2015;473(10):3112–21.
DOI: 10.1007/s11999-015-4446-z
5. Li Y., Hu C. Prevalence and prognosis of synchronous distant metastatic tonsil squamous cell carcinomas. Int J Med Sci 2021;18(2):528–33.
DOI: 10.7150/ijms.50966
6. Алиев М.Д. Онкоортопедия вчера, сегодня, завтра. Вестник онкологического общества 2013;5(598):3–4.
Aliyev M.D. Oncoortopedia yesterday, today, tomorrow. Vestnik onkologicheskogo obshchestva = Bulletin of the Cancer Society 2013;5(598):3–4. (In Russ.).
7. Bollen L., van der Linden Y.M., Pondaag W. et al. Prognostic factors associated with survival in patients with symptomatic spinal bone metastases: a retrospective cohort study of 1,043 patients. Neuro Oncol 2014;16(7):991–8. DOI: 10.1093/neuonc/not318
8. Owari T., Miyake M., Nakai Y. et al. External validation of a genitourinary cancer-specific prognostic scoring system to predict survival for patients with bone metastasis. J Bone Oncol 2021;36:100280.
DOI: 10.1016/j.jbo.2020.100344
9. Katagiri H., Okada R., Takagi T. et al. New prognostic factors and scoring system for patients with skeletal metastasis. Cancer Med 2014;3(5):1359–67. DOI: 10.1002/cam4.292
10. Wei L.Y., Kok S.H., Lee Y.C. et al. Prognosis of medication-related osteonecrosis of the jaws in metastatic prostate cancer patients. Oral Dis 2020;28(1):182–92. DOI: 10.1111/odi.13737
11. Zhang L., Hou G., Gao M. et al. Novel survival nomograms for patients with lung metastatic clear cell renal cell carcinoma: a population-based study. Medicine (Baltimore) 2020;99(52):e23465.
DOI: 10.1097/MD.00000000000023465

Вклад авторов

А.В. Бухаров, В.А. Державин: сбор данных, написание текста статьи, редактирование;
А.А. Барашев, А.А. Курильчик: написание текста статьи, редактирование;
Д.А. Ерин, Д.О. Елхов, А.В. Ядрина: сбор материала;
М.Д. Алиев, А.Д. Каприн: научное консультирование.

Authors' contributions

A.V. Bukharov, V.A. Derzhavin: data collection, article writing, editing;
A.A. Barashev, A.A. Kurilchik: article writing, editing;
D.A. Erin, D.O. Elkhov, A.V. Yadrina: collecting material;
M.D. Aliev, A.D. Kaprin: scientific consulting.

ORCID авторов / ORCID of authors

А.В. Бухаров / A.V. Bukharov: <https://orcid.org/0000-0002-2976-8895>
А.А. Курильчик / A.A. Kurilchik: <https://orcid.org/0000-0003-2615-078X>
А.А. Барашев / A.A. Barashev: <https://orcid.org/0000-0002-7242-6938>
В.А. Державин / V.A. Derzhavin: <https://orcid.org/0000-0002-4385-9048>
А.В. Ядрина / A.V. Yadrina: <https://orcid.org/0000-0002-7944-3108>
Д.А. Ерин / D.A. Erin: <https://orcid.org/0000-0002-3501-036X>
Д.О. Елхов / D.O. Elkhov: <https://orcid.org/0000-0001-5772-4067>
М.Д. Алиев / M.D. Aliev: <https://orcid.org/0000-0003-2706-4138>
А.Д. Каприн / A.D. Kaprin: <https://orcid.org/0000-0001-8784-8415>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике Московского научно-исследовательского онкологического института им. П.А. Герцена – филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России. Пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

The study protocol was approved by the biomedical ethics committees of P.A. Herzen Moscow Research Oncology Institute – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia. The patients signed an informed consent to participate in the study.

Статья поступила: 14.01.2024. **Принята к публикации:** 10.07.2024. **Опубликована онлайн:** 05.09.2024.

Article submitted: 14.01.2024. **Accepted for publication:** 10.07.2024. **Published online:** 05.09.2024.