

УДК 617.582:616.718.4-033.2-001.5]-089.843](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872024153-58>

Використання тренувальної 3D-моделі під час лікування хворого з патологічним переломом проксимального відділу стегнової кістки (випадок з практики)

О. В. Дроботун¹, С. В. Коноваленко², М. К. Терновий²

¹ КНП «Київська міська клінічна лікарня № 3». Україна

² Інститут експериментальної патології, онкології та радіобіології НАН України, Київ

Prostate cancer is the second most common cause of malignancy in men, with bone metastases being a significant source of morbidity and mortality in advanced cases. Objective. To give a clinical example of a patient with a pathological transtrochanteric fracture of the right femur with displacement of fragments, the presence of metastasis at the fracture site, to emphasize the importance of 3D-training before surgery. Methods. A clinical example with a significant impairment of the function of the right lower extremity against the background of a significant pain syndrome is given. The diagnosis was established: pathological transtrochanteric fracture of the right femur with displacement of fragments, the presence of metastasis at the fracture site. Pre-surgical training was carried out using a 3D-model and total endoprosthetics of the right hip joint with a revision individual implant of the cement fixation type was carried out. The patient fully recovered the function of the right lower limb and hip joint, the pain syndrome was eliminated, and sleep normalized. The use of a 3D-model for preoperative training of surgeons made it possible to rationally limit traumatization of healthy tissues during tumor removal, prevent possible complications and optimize the time of surgical intervention and thus minimize blood loss. Conclusions. The use of a training 3D-model before surgery followed by prosthetics with a special oncological endoprosthesis provided satisfactory functional results and restoration of the patient's quality of life in the given clinical case. The use of a 3D-model is the key to careful preparation for surgical intervention, taking into account the individual anatomical features of the pathological process and adjacent tissues, which allows you to significantly optimize the terms of the operation and reduce blood loss, and also provides valuable experience for further surgical practice. Keywords. Oncology, bone metastases, pathological fracture, 3D-modeling, endoprosthesis, personalized treatment, quality of life.

Онкологічне ураження передміхурової залози є другою за поширеністю причиною злоякісних новоутворень у чоловіків, причому метастази в кістки є значним джерелом захворюваності та смертності в запущених випадках. Мета. Навести клінічний приклад пацієнта з патологічним черезвертлюговим переломом правої стегнової кістки зі зміщенням відламків, наявністю метастазування в місці перелому, акцентувати увагу на важливості 3D-тренінгу перед хірургічним втручанням. Методи. Наведено клінічний приклад із порушенням функції правої нижньої кінцівки на тлі значного больового синдрому. Встановлено діагноз: патологічний черезвертлюговий перелом правої стегнової кістки зі зміщенням відламків, наявність метастаз в місці перелому. Проведено тренування перед хірургічним втручанням із використанням 3D-моделі та здійснено тотальне ендопротезування правого кульшового суглоба ревізійним індивідуальним імплантом цементного типу фіксації. У хворого повністю відновлено функцію правої нижньої кінцівки, кульшового суглоба, усунуто больовий синдром, відбулася нормалізація сну. Застосування 3D-моделі для передопераційного тренінгу лікарів дозволило раціонально обмежити травматизацію здорових тканин під час видалення пухлини, запобігти можливим ускладненням та оптимізувати час хірургічного втручання і, таким чином, мінімізувати крововтрату. Висновок. Застосування тренувальної 3D-моделі перед хірургічним втручанням, із подальшим проведенням протезування спеціальним онкологічним ендопротезом, забезпечило в наведеному клінічному випадку задовільні функціональні результати й відновлення якості життя пацієнта. Використання 3D-моделі є запорукою ретельної підготовки до оперативного втручання з урахуванням індивідуальних анатомічних особливостей патологічного процесу і прилеглих тканин, що дозволяє значно оптимізувати терміни операції та скоротити крововтрату, а також допомагає набутти досвіду для подальшої хірургічної практики.

Ключові слова. Онкологія, метастази в кістки, патологічний перелом, 3D-моделювання, ендопротезування, персоніфіковане лікування, якість життя

Вступ

Метастатичні ураження кісток є складними клінічними станами, які виникають у результаті міграції та колонізації ракових клітин з їхнього основного місця в кісткове мікрооточення, де вони, зазвичай, розвивають метастатичну нішу [1]. Онкологічне ураження передміхурової залози є другою за поширеністю причиною злоякісних новоутворень у чоловіків, причому метастази в кістки — джерело захворюваності та смертності в запущених випадках [2, 3]. Багаторічний досвід підтверджує, що лімфатичні вузли поблизу первинної пухлини є початковими місцями метастазування, за якими йдуть метастази в кістки [4]. Численні дослідження показали, що люди з кістковими метастазами, спричиненими онкологією передміхурової залози, мають гірший прогноз і знижену якість життя [5, 6].

Багато видів раку метастазують у кістки та призводять до повного патологічного перелому або загрози патологічного перелому, який може бути пов'язаний з гіршим прогнозом і зниженням показників загальної виживаності [7]. Доведено, що профілактична стабілізація кісток перед можливим переломом покращує прогноз перебігу захворювання, є клінічно обґрунтованою і більш економічно ефективною [8], але, на жаль, попередити патологічний перелом вдається не завжди.

Мета: навести клінічний приклад пацієнта із патологічним черезвертлюговим переломом правої стегнової кістки зі зміщенням відламків, наявністю метастазування у місці перелому, акцентувати увагу на важливості 3D-тренінгу перед хірургічним втручанням.

Матеріал і методи

Комісія з питань біоетики Інституту експериментальної патології, онкології та радіобіології ім. Р. Є. Кавецького НАН України за результатами оцінки етичних та морально-правових аспектів статті підтверджує, що робота виконана з дотриманням основних вимог Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (2008), яка передбачає інформовану згоду пацієнтів на участь у відповідних дослідженнях та відповідає загальним етичним принципам, прийнятим Першим Національним конгресом з біоетики (2001), в матеріалах не містяться відомості, заборонені до опублікування, стаття подається до публікації вперше (протокол № 1 від 15.02.2024 р.).

Клінічний випадок

У КНП «Київська клінічна міська лікарня № 3» із КНП «Київський міський клінічний

онкологічний центр» у серпні 2021 року направлений пацієнт Н., 56 років, із підозрою на перелом шийки правої стегнової кістки. Основний діагноз: Ст. простати р Т3N1M1 — IV стадія, клін. група IV (ацинарна аденокарцинома передміхурової залози, Gleason score 5 + 5 = 10, недиференційована (G4), прогностична група V). Супутні захворювання: анемія легкого ступеня, ІХС, дифузний кардіосклероз, СН-I, еритематозна гастропатія.

Проведено клінічне обстеження, яке виявило значне порушення функції правої нижньої кінцівки, її вимушене положення в ліжку, практично відсутність активних рухів через значний больовий синдром, інтенсивність якого була оцінена в 9 балів за шкалою ВАШ. Явних порушень функцій м'язів і м'язового тону нижніх кінцівок не зафіксовано, але звернула на себе увагу достатньо значна м'язова атрофія. Хворий суб'єктивно відмітив втому через порушення сну внаслідок болю, із його слів — під час прогулянки оступився й одразу відчув різкий біль у зоні правого кульшового суглоба, а надалі не зміг вільно рухатися, відчув оніміння правої латеральної поверхні стегна, згодом у ліжку займав вимушене положення, щоб уникнути загострення больових відчуттів.

Лабораторне дослідження визначило рівень лужної фосфатази в сироватці крові 688 од/л (у нормі 50–135 од/л) і рівень С-реактивного білка 12,2 мг/мл (нормальний діапазон 0–8 мг/л), тоді як швидкість осідання еритроцитів і пухлинні маркери (включаючи рівні α -фетопротеїну та карциноембріонального антигену) були в межах норми.

Під час рентгенографії верхньої третини правого стегна діагностовано черезвертлюговий перелом із уламками та деструктивні зміни з боку кісткової тканини стегна подібні метастатичному ураженню (рис. 1).



Рис. 1. Фото рентгенограми верхньої третини правого стегна. Патологічний перелом і метастази

На клінічному розборі колегіально узгоджено діагноз: патологічний черезвертлюговий перелом правої стегнової кістки зі зміщенням відламків, наявність метастаз у місці перелому.

Прийнято рішення: використовуючи дані спіральної комп'ютерної томографії (СКТ), виготовити 3D-модель відтворення процесу патологічного перелому (рис. 2); провести тренувальне оперативне втручання на штучній кістці у ділянці майбутньої операції та скласти план втручання; виконати хірургічне лікування — тотальне ендпротезування правого кульшового суглоба.

3D-моделювання й тренінг здійснені за участю двох хірургів, які згодом виконували операцію: під час тренування оцінено просторові характеристики й об'єм пухлинного ураження ділянки кульшового суглоба, проаналізовано ризики та розроблено запобіжну тактику попередження можливого



Рис. 2. 3D-модель верхньої третини правого стегна. Патологічний перелом і метастази

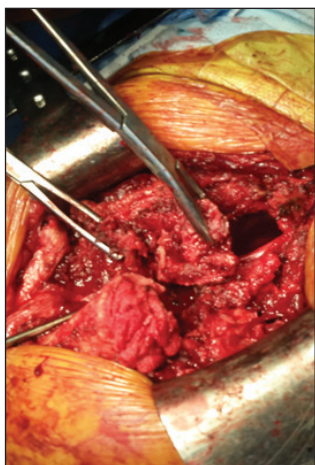


Рис. 3. Видалення метастатичної пухлини проксимальної ділянки стегнової кістки

ушкодження судин та нервів під час втручання, пропрацьовано хірургічні доступи до пухлини.

Хірургічне втручання. Пацієнта укладено на операційний стіл у положенні на здоровому боці, використано безперервну спинномозкову дуральну анестезію. Виконано хірургічний доступ завдовжки до 20 см. Пошарово розкрито підлежачі тканини: шкіра, підшкірна клітковина, фасція. Під час втручання проводився ретельний гемостаз. Тупо та гостро роз'єднані підлежачі м'язові структури, виділено місце патологічного перелому. Уламки мобілізовано. У полі зору хірургічного втручання пухлина вражала навколишні м'які тканини і мала нечіткі кордони. Згодом її (рис. 3) та прилеглі тканини (навколишні уражені м'язи) ретельно видалено до візуально-здорової тканини. Рану промито розчинами антисептиків і висушено.

Проведено тотальне ендпротезування правого кульшового суглоба немодульним протезом — ревізійним індивідуальним імплантатом цементного типу фіксації (EVOLUTIS), призначеним для використання у разі значних пухлинних уражень. Протез імплантували в медулярний канал стегнової кістки та фіксували кістковим цементом. Після відповідної підготовки кульшової западини на кістковий цемент встановлено пластиковий лайнер відповідного розміру з урахуванням усіх кутів співвідношення в кульшовому сулобі, щоб запобігти в подальшому вивиху ендпротеза. Після відновлення кульшовий суглоб перевіряли на повноту та задовільність рухів. Рану багаторазово промивали перекисом водню та фізіологічним розчином. Під м'язовий шар рани встановили дренажні трубки та пошарово ушивали наглухо.

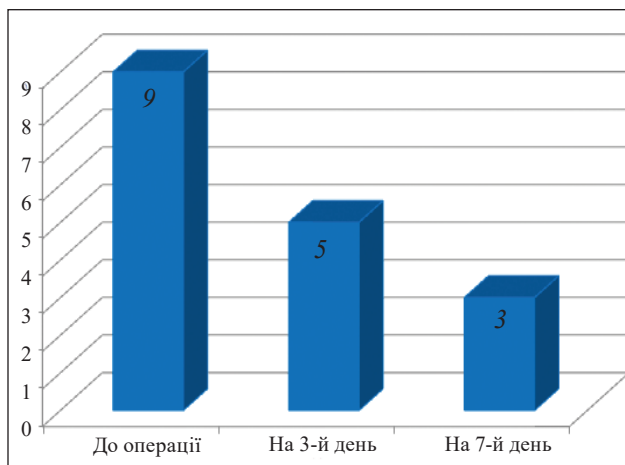


Рис. 4. Оцінювання в динаміці інтенсивності больового синдрому, бали (ВАШ)

Результати

Застосування 3D-моделі для передопераційного тренінгу хірургів дозволило раціонально обмежити травматизацію здорових тканин під час видалення пухлини, запобігти можливим ускладненням та оптимізувати час хірургічного втручання і, саме так, мінімізувати крововтрату.

Після операції у пацієнта повністю відновлено функцію правої нижньої кінцівки та кульшового суглоба. Усунуто больовий синдром, про що свідчать показники візуальної аналогової шкали болю (ВАШ); спостерігалось зниження інтенсивності больового синдрому в динаміці (рис. 4); відбулася нормалізація сну; хворий відчув повернення бадьорості; відновилися працездатність.

Після операції контрольна рентгенограма показала задовільне анатомічне співвідношення імплантата й відсутність ускладнень зі сторони кісткової тканини (рис. 5). На 7-й день після втручання хворого перевели для подальшого лікування основного захворювання в КНП «Київський міський клінічний онкологічний центр».

Обговорення

Найбільший тягар захворюваності та смертності, який виникає внаслідок злоякісних захворювань, спричинений метастазами. Найчастішим місцем їхнього розташування є легені, потім печінка та кістки. Метастазування в кістки відбувається майже за всіх видів онкологічних захворювань, здебільшого, їх діагностують унаслідок онкології простати, легенів і молочної залози [9, 10]. Наявність метастатичного захворювання кісток різко впливає на якість життя пацієнта через посилення болю, порушення рухливості,



Рис. 5. Фото рентгенограми ділянки кульшового суглоба після протезування зі встановленим спеціальним онкологічним імплантатом

патологічних переломів та їхніх наслідків або компресії спинного мозку. Особи з пізніми стадіями онкології молочної залози чи передміхурової залози рано чи пізно страждатимуть через метастазування в кістки через прогресування хвороби. У разі раку молочної чи передміхурової залоз симптоми, пов'язані з метастазами, часто є першою ознакою захворювання [11, 12]. Деякі пацієнти можуть мати патологічні переломи й ускладнення через них: наприклад, неврологічні порушення за умов метастаз у хребті (адже загальновідомо, що хребет є найпоширенішим місцем метастазування) [13, 14].

Біль — основний симптом у пацієнтів із метастазами, а в разі патологічних вогнищ він є найпоширенішим симптомом метастатичного ураження кісток [15]. Його відчувають 30–50 % усіх хворих на рак, а страждання, які призводять до змін якості життя — 75–90 % осіб [16, 17].

У разі метастатичного ураження кісток найтяжчий ступінь інвалідності може бути спричинений переломами довгих кісток і поширенням пухлини на спинний мозок. Патологічні переломи виникають унаслідок стресових ушкоджень, які негативно впливають на якість життя пацієнтів із запущеною хворобою. Отже, якщо ми зможемо передбачити локалізацію переломів за метастатичного ураження кісток, можна виконати профілактичну операцію, щоб подолати будь-які можливі ускладнення [9, 17, 18]. У разі неможливості попередити перелом і він відбувся, тактика лікування потребує комплексного підходу з урахуванням індивідуальних особливостей хворого, архітекtonіки ушкоджених і вцілілих тканин та судин навколо них, спрямованості на відновлення не лише анатомічної цілісності, але й функціональних можливостей ушкодженої кістки [19, 20]. У цьому контексті клінічно обґрунтованим і вдалим рішенням є використання СКТ і виготовлення тренувальної 3D-моделі, яка дозволяє хірургу максимально зануритися у реальність із яскраво вираженим практичним акцентом; сфокусуватися на специфічних компонентах складної навички, щоб удосконалити її з бажаною тривалістю і частотою тренувань (наприклад, навичку розробки каналу стегнової кістки і вертлюжної западини, персоналізованої установки компонентів ендопротеза). І головне, тренінг дозволяє отримати клінічний досвід без ризику для пацієнта, надаючи право на помилку без обмеження кількості повторів відпрацювання навичок у зручний час, і при цьому мінімізує стрес за перших самостійних маніпуляцій [20, 21].

Висновки

Застосування тренувальної 3D-моделі перед хірургічним втручанням із подальшим проведенням протезування спеціальним онкологічним імплантатом забезпечило в наведеному клінічному випадку задовільні функціональні результати та відновлення якості життя пацієнта.

Використання 3D-моделі є запорукою ретельної підготовки до хірургічного втручання з урахуванням індивідуальних анатомічних особливостей патологічного процесу і прилеглих тканин, що дозволяє значно оптимізувати терміни операції та скоротити крововтрати, а також набутти цінного досвіду для подальшої хірургічної практики.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

- Verbruggen, S. W. (2024). Role of the osteocyte in bone metastasis — The importance of networking. *Journal of Bone Oncology*, 44, 100526. <https://doi.org/10.1016/j.jbo.2024.100526>
- Zhou, W., Zhang, W., Yan, S., Zhang, K., Wu, H., Chen, H., Shi, M., & Zhou, T. (2024). Novel Therapeutic Targets on the Horizon: An Analysis of Clinical Trials on Therapies for Bone Metastasis in Prostate Cancer. *Cancers*, 16(3), 627. <https://doi.org/10.3390/cancers16030627>
- Mohseninia, N., Zamani-Siahkali, N., Harsini, S., Divband, G., Pirich, C., & Beheshti, M. (2024). Bone Metastasis in Prostate Cancer: Bone Scan Versus PET Imaging. *Seminars in Nuclear Medicine*, 54(1):97-118. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2023.07.004>
- Gorodetska, I., Offermann, A., Püschel, J., Lukiyanchuk, V., Gaete, D., Kurzyukova, A., Freytag, V., Haider, M.-T., Fjeldbo, C. S., Di Gaetano, S., Schwarz, F. M., Patil, S., Borkowetz, A., Erb, H. H. H., Baniahmad, A., Mircetic, J., Lyng, H., Löck, S., Linge, A., ... Dubrovskaya, A. (2024). ALDH1A1 drives prostate cancer metastases and radioresistance by interplay with AR- and RAR-dependent transcription. *Theranostics*, 14(2), 714–737. <https://doi.org/10.7150/thno.88057>
- Boopathi, E., Birbe, R., Shoyele, S. A., Den, R. B., & Thangavel, C. (2022). Bone Health Management in the Continuum of Prostate Cancer Disease. *Cancers*, 14(17), 4305. <https://doi.org/10.3390/cancers14174305>
- Sun, J., Tian, T., Wang, N., Jing, X., Qiu, L., Cui, H., Liu, Z., Liu, J., Yan, L., & Li, D. (2024). Pretreatment level of serum sialic acid predicts both qualitative and quantitative bone metastases of prostate cancer. *Frontiers in Endocrinology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1338420>
- Zhang, Y.-F., Zhou, C., Guo, S., Wang, C., Yang, J., Yang, Z.-J., Wang, R., Zhang, X., & Zhou, F.-H. (2024). Deep learning algorithm-based multimodal MRI radiomics and pathomics data improve prediction of bone metastases in primary prostate cancer. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*, 150(2), 78. <https://doi.org/10.1007/s00432-023-05574-5>
- Poirier, J. L., Wurtz, L. D., & Collier, C. D. (2023). Increased Number of Medical Comorbidities Associated With Increased Risk of Presenting With Pathological Femur Fracture in Metastatic Bone Disease. *Iowa Orthop J.*, 43(1), 87–93.
- Gillespie, E. F., Yang, J. C., Mathis, N. J., Marine, C. B., White, C., Zhang, Z., Barker, C. A., Kotecha, R., McIntosh, A., Vaynrub, M., Bartelstein, M. K., Mitchell, A., Guttmann, D. M., Yerramilli, D., Higginson, D. S., Yamada, Y. J., Kohutek, Z. A., Powell, S. N., Tsai, J., & Yang, J. T. (2024). Prophylactic Radiation Therapy Versus Standard of Care for Patients With High-Risk Asymptomatic Bone Metastases: A Multicenter, Randomized Phase II Clinical Trial. *Journal of Clinical Oncology*, 42(1), 38-46. <https://doi.org/10.1200/jco.23.00753>
- Sartor, O. (2023). Radium-223 and bone metastatic disease: still more to learn. *JNCI Cancer Spectrum*, 7(6). <https://doi.org/10.1093/jncics/pkad083>
- Scimeca, M. (2023). Bone Metastasis Challenge: New Ideas and Future. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(7), 6161. <https://doi.org/10.3390/ijms24076161>
- Bocchi, M. B., Meschini, C., Pietramala, S., Perna, A., Oliva, M. S., Matrangolo, M. R., Ziranu, A., Maccaro, G., & Vitiello, R. (2023). Electrochemotherapy in the Treatment of Bone Metastases: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, 12(19), 6150. <https://doi.org/10.3390/jcm12196150>
- Christ, A. B., Piple, A. S., Gittleman, B. S., Duong, A., Chen, M., Wang, J. C., Heckmann, N. D., & Menendez, L. (2023). Prevalence of primary malignant tumours, rates of pathological fracture, and mortality in the setting of metastatic bone disease. *Bone & Joint Open*, 4(6), 424–431. <https://doi.org/10.1302/2633-1462.46.bjo-2023-0042.r1>
- Shen, F., Huang, J., Yang, K., & Sun, C. (2023). A Comprehensive Review of Interventional Clinical Trials in Patients with Bone Metastases. *OncoTargets and Therapy*, Volume 16, 485–495. <https://doi.org/10.2147/ott.s415399>
- Gonzalez, M. R., Bryce-Alberti, M., & Pretell-Mazzini, J. (2022). Management of Long Bones Metastatic Disease: Concepts That We All Know but Not Always Remember. *Orthopedic Research and Reviews*, Volume 14, 393–406. <https://doi.org/10.2147/orr.s379603>
- Lan, H., Wu, B., Jin, K., & Chen, Y. (2024). Beyond boundaries: unraveling innovative approaches to combat bone-metastatic cancers. *Frontiers in Endocrinology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1260491>
- Park, J. H., Won, J., Kim, H. S., Kim, Y., Kim, S., & Han, I. (2024). Comparison of survival prediction models for bone metastases of the extremities following surgery. *Bone Joint J.*, 106-B(2), 203–211.
- Hoeben, A., Joosten, E. A. J., & van den Beuken-van Everdingen, M. H. J. (2021). Personalized Medicine: Recent Progress in Cancer Therapy. *Cancers*, 13(2), 242. <https://doi.org/10.3390/cancers13020242>
- Konovalenko, V. (2015). Tumors and tumor-like diseases of bones and joints (clinic, diagnosis, treatment) [manual]. Kyiv: Lazurit-Polygraph.
- Martelli, N., Serrano, C., van den Brink, H., Pineau, J., Prognon, P., Borget, I., & El Batti, S. (2016). Advantages and disadvantages of 3-dimensional printing in surgery: A systematic review. *Surgery*, 159(6), 1485–1500. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2015.12.017>
- Requena-Pérez, M. V., Andrés-Cano, P., Galán-Romero, L., & Suffo, M. (2024). Comparative study of biomodels manufactured using 3D printing techniques for surgical planning and medical training. *Expert Review of Medical Devices*, 1–10. <https://doi.org/10.1080/17434440.2024.2306884>

THE USE OF A TRAINING 3D-MODEL IN THE TREATMENT
OF A PATIENT WITH A PATHOLOGICAL FRACTURE
OF THE PROXIMAL PART OF THE FEMUR (CASE FROM PRACTICE)

O. V. Drobotun ¹, S. V. Konovalenko ², M. K. Ternovyi ²

¹ Kyiv City Clinical Hospital. Ukraine

² Institute of Experimental Pathology, Oncology and Radiobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

✉ Oleg Drobotun, MD, PhD: olegdrobotun@gmail.com

✉ Sergii Konovalenko, MD, PhD: servlakon@ukr.net

✉ Mykola Ternovyi, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: prterno@ukr.net