

**МЕТОД 3D-МОДЕЛЮВАННЯ
ПАТОЛОГІЧНОГО ВОГНИЩА У ХВОРИХ
НА ПЕРВИННІ ЗЛОЯКІСНІ ТА МЕТАСТАТИЧНІ ПУХЛИНИ КІСТОК**

М.К.Терновий,



В.Ф. Коноваленко,



О.В.Дроботун,



С.В.Коноваленко



Тяжкість перебігу, часті незадовільні результати лікування та висока частота рецидивів і ускладнень, низькі показники 5-річної загальної та безрецидивної виживаності, а також значуще зниження якості життя хворих – все це стає підґрунтям для продовження активного пошуку інновацій в лікуванні первинних злоякісних та метастатичних пухлин кісток [1,2].

Наукові дослідження в галузі онкології [3-5] та онкологічної ортопедії [6,7] вказують на наявність резервів для удосконалення методів діагностики і лікування хворих за рахунок застосування дифузійно-зваженої МРТ та врахування індивідуальних фенотипових особливостей хворого, застосування нових методів лікування в рамках передопераційного планування та тренінгу на 3D моделях.

Колектив дослідників відділу моніторингу пухлинного процесу та дизайну терапії під керівництвом Академіка НАН України, д.м.н., професора В.Ф.Чехуна в рамках виконання плану науково-дослідних робіт ІЕПОР імені Р.С.Кавецького НАН України розробив метод прецизійної просторової діагностики та персоніфікованого лікування хворих на первинні злоякісні та метастатичні пухлини кісток з використанням 3D-моделювання.

Впродовж роботи над темою вперше доведена доцільність суперпозиції МДКТ зображень та дифузійно-зважених МРТ зображень для створення твердотільних персоніфікованих 3D моделей первинних злоякісних та метастатичних пухлин кісток, які забезпечують точне відтворення всіх операційно важливих розмірів пухлини, довжини артеріальних сегментів, калібру і товщини стінок судин, будови органів конкретного хворого з урахуванням тільки йому властивих особливостей будови і синтопії прилеглих органів (Рис.1). 3D-моделювання патологічного вогнища і хірургічний тренінг дозволяють констатувати кращу ефективність і безпеку проведення хірургічного лікування первинних злоякісних та метастатичних пухлин кісток із застосуванням встановлення спеціальних онкологічних ендопротезів. (Рис.2).

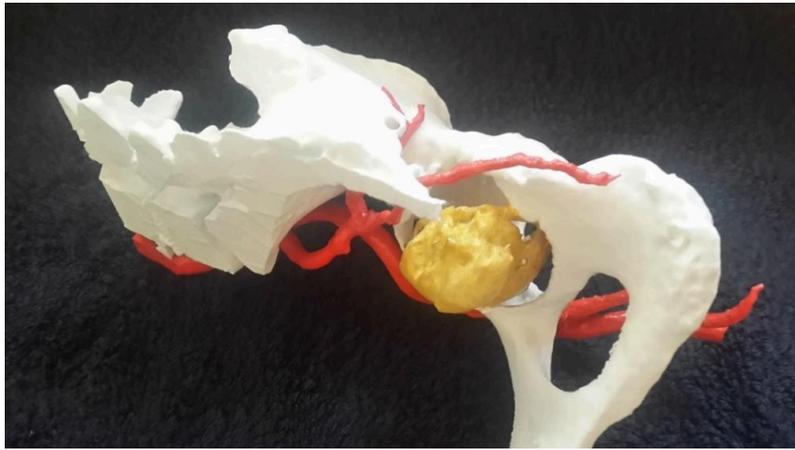
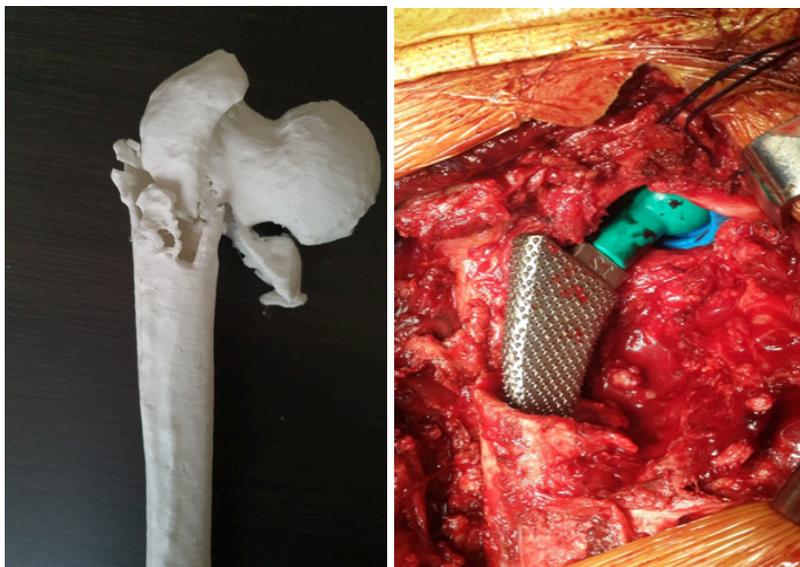


Рисунок 1. 3D модель остеосаркоми кісток тазу з просторовою візуалізацією прилеглих судин.



А

В

Рисунок 2. 3D-модель верхньої третини правого стегна. Патологічний перелом і метастаз (А). Встановлення онкологічного ендопротезу кульшового суглоба (В).

У групах клінічного моніторингу, в яких було проведене 3D моделювання та хірургічний тренінг, була значно менша питома вага пацієнтів з післяопераційними ускладненнями ендопротезування. У групах контролю питома вага пацієнтів з різними ускладненнями коливалася від 40 до 48% і такі дані загалом співпадають із загальносвітовими тенденціями [5,7]. При цьому частка пацієнтів з ускладненнями в групах дослідження була меншою і складала від 23,3 до максимум 34,5%.

Тренування хірургічних доступів на основі 3D-моделювання дозволяє скоротити час операції і тривалість наркозу, зменшити травматизацію тканин і крововтрату. Планування операцій на персоніфікованих 3D-моделях та постійний тренінг зменшує

час операції до 2,0 – 2,5 годин (у контролі - 3,0 – 3.5 години) та тривалість наркозу, зменшує травматизацію тканин (довжину хірургічного розрізу до $13,4 \pm 1,3$ см, у контролі – $18,5 \pm 1,9$ см) і крововтрату (до 0,3 - 0,4 л, у контролі – 1,0 - 1,3 л), забезпечує повне відновлення функцій кінцівки за 4–5 тижнів (у контролі – 8– 9 тижнів).

Впровадження методу дозволяє досягти значущого підвищення показників безрецидивної та загальної 3- і 5-річної виживаності хворих на остеосаркому. Так, показники загальної 3-річної виживаності в групі дослідження та контролю становили $90,1 \pm 3,8$ % та $75,3 \pm 4,9$ %, відповідно; 5-річної виживаності $79,2 \pm 5,0$ % та $58,3 \pm 10,5$ %, відповідно.

Розроблений метод свідчить на користь економічної ефективності впровадження технології 3D моделювання у клінічну практику в рамках протоколів лікування первинних злоякісних та метастатичних пухлин кісток. Під час виконання роботи тренування хірургічних доступів та прийомів дозволило чітко визначити межі пухлини, скоротити час операції та тривалість наркозу, зменшити травматизацію тканин та крововтрату. Такі результати невідворотно сприяли скороченню терміну перебування пацієнта у хірургічному онкологічному стаціонарі, вартість якого на 1 ліжко-день складає від 1000 до 4000 грн. Отже, скорочення перебування у стаціонарі лише на 4 дні 90 пацієнтів, які були включені в дослідження, фактично принесло економію державних коштів у сумі не менше 360 000 грн. У 2022 році в Україні зафіксовано 229 випадків злоякісних новоутворень кісток і якщо екстраполювати на цю когорту пацієнтів отримане скорочення стаціонарного перебування у лікувальному закладі на 4 доби, економія коштів може скласти від 916 000 до 3 664 000 грн.

І головне, запропонований метод, завдяки зменшенню травматизації і скороченню перебування в стаціонарі, сприяє підвищенню якості життя пацієнтів, їх кращій соціальній адаптації, а також – внаслідок усвідомлення більш обнадійливих результатів лікування – гармонізації їх психоемоційного стану, що знайшло відображення у наших публікаціях [5,6].

За результатами проведених досліджень опубліковано статті:

1. Drobotun, O., Protsenko V., Ternovu, N., Improving patients' quality of life after surgical treatment of primary malignant bone tumors using a training 3D model. *Exp Oncol.* 2024; 46(4): 341–344.

2.Drobotun O., Ternovyy N., Konovalenko S., Khmel A. Assessment of the impact of surgical treatment of primary malignant bone tumors on the quality of life of patients in peacetime and in the realities of wartime in Ukraine. Pain, joints. 2024; 14(4): 179-185.

3.Drobotun O., Konovalenko S., Ternovyi N. 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). Orthopaedics, traumatology and prosthetics. 2024; 1: 53–58.

Логічним продовженням науково-дослідної роботи відділу стало впровадження розробок у клінічну практику, у витоків якого були зареєстровані відповідні патенти:

1.Патент №143403 України на корисну модель, МПК: А61В 17/88 (2006.01), А61К 31/00, А61Р 43/00. Спосіб профілактики рецидивування злоякісних пухлин кісток тазу та нижніх кінцівок після кістково-замісної хірургії у хворих з поліморбідністю / Терновий М.К., Дроботун О.В., Колотілов М.М., Туз Є.В., Вовк В.В., Ульянович Н.В; заявник і власник Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького Національної академії наук України. u202001293, заявл. 26.02.2020; опубл. 27.07.2020. Бюл. № 14.

2.Патент №145081 України на корисну модель, МПК: А61В 5/00, А61N 2/00. Спосіб діагностики доброякісних та злоякісних пухлин кісток / Терновий М.К., Дроботун О.В., Колотілов М.М., Туз Є.В., Вовк В.В.; заявник і власник Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького Національної академії наук України. u 202001292, заявл. 26.02.2020; опубл. 26.11.2020. Бюл. № 22.

3.Патент №143404 України на корисну модель, МПК: А61В 5/00, А61N 2/00. Спосіб персоналізованого тривимірного моделювання злоякісних і метастатичних пухлин кісток тазу та нижніх кінцівок / Терновий М.К., Дроботун О.В., Кonovalenko В.Ф., Колотілов М.М., Воейкова І.М., Василькова С.І.; заявник і власник Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького Національної академії наук України. u 202001531, заявл. 26.02.2020; опубл. 27.07.2020. Бюл. № 14.

Впроваджені розробки значно розширюють горизонт можливостей на шляху підвищення ефективності лікування хворих на первинні злоякісні і метастатичні пухлини кісток та надають онкологам і ортопедам нові інструменти персоналізованого лікування зазначеної когорти пацієнтів для використання у рутинній клінічній практиці. Метод прецизійної просторової діагностики та

персоніфікованого лікування хворих на первинні злоякісні та метастатичні пухлини кісток з використанням 3D-моделювання. впроваджено у практичну діяльність закладів: «Київська міська клінічна лікарня № 12», ДУ «Інститут ядерної медицини та променевої діагностики НАМН України», «Київська міська клінічна лікарня № 3», ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України».

Література:

1. Chekhun, V. (2024). Modern Landscape of Innovative Technologies in Optimizing the Quality of Life of Cancer Patients. *Experimental Oncology*, 46(4), 281-288. <https://doi.org/10.15407/exp-oncology.2024.04.281>
2. Li, W., Lv, L., Jin, Y., & Yuan, X. (2026). <p>Tumor microenvironment in bone sarcomas: Implications for immunotherapy and emerging therapeutic vulnerabilities (Review)</p>. *Oncology Reports*, 55, 45. <https://doi.org/10.3892/or.2026.9050>
3. Chekhun V, Borikun T, Zadvornyi T, Mushii O, Stakhovsky E, Vitruk Y, Lukianova N. Osteonectin (SPARC) prognostic value in prostate cancer. *Pathol Res Pract*. 2024 Feb;254:155053.
4. Kawaguchi K, Endo M, Fukuda H, Kawai A, Fujiwara T, Nabeshima A, Yokoyama N, Oda Y, Nakashima Y. Bone and soft tissue sarcoma mortality in 19,811 patients diagnosed in Japan, 2006-2020. *JNCI Cancer Spectr*. 2026 Jan 7:pkag001.
5. Drobotun O., Ternovyy N., Konovalenko S., Khmel A. Assessment of the impact of surgical treatment of primary malignant bone tumors on the quality of life of patients in peacetime and in the realities of wartime in Ukraine. *Pain, joints*. 2024; 14(4): 179-185.
6. Drobotun, O., Protsenko V., Ternovyy, N., Improving patients' quality of life after surgical treatment of primary malignant bone tumors using a training 3D model. *Exp Oncol*. 2024; 46(4): 341–344.
7. Mou L, Liu J, Guo C, Zhang JY, Liu Y, Gao X, Lun DX, Hu Y. Endoprosthetic reconstruction of the diaphysis for segmental bone defects after bone tumour resection : a mid- and long-term retrospective study of 112 cases. *Bone Joint J*. 2026 Feb 1;108-B(2):241-250.