

**Justin E. Bird**

MD Anderson Cancer Center, Houston, Stany Zjednoczone

## Postępy w chirurgicznym leczeniu guzów kości

Advances in the surgical management of bone tumors

 Przedrukowano za zgodą z: *Curr. Oncol. Rep.* 2014; 16: 392

**Adres do korespondencji:**

Justin E. Bird  
 MD Anderson Cancer Center,  
 1400 Pressler St. Suite FCT 10.5054  
 Houston, TX 77030, USA  
 e-mail: jebird@mdanderson.org

**STRESZCZENIE**

Chirurgia guzów kości stanowi duże wyzwanie, szczególnie gdy nowotwory są zlokalizowane w wąsko ograniczonych obszarach anatomicznych i przylegają do ważnych narządów i pęczków nerwowo-naczyniowych. Resekcja wymaga dużej dokładności w celu zapewnienia bezpieczeństwa, uzyskania ujemnych marginesów chirurgicznych i oszczędzenia, jeśli to możliwe, ważnych narządów. Celem opracowania był przegląd publikacji dotyczących postępu w leczeniu chirurgicznym guzów kości, które ukazały się w ciągu ubiegłego roku. Większość zebranych artykułów koncentrowała się na wykorzystaniu w leczeniu chirurgicznym sprzętu komputerowego. Pojawia się coraz więcej dowodów na istotną rolę trójwymiarowej nawigacji podczas resekcji guzów kości. Opracowywane są coraz nowsze materiały służące do rekonstrukcji tkanek, które wspomagają szybkie gojenie i zapobiegają powikłaniom infekcyjnym. Optymalne postępowanie powinno obejmować stworzenie dobrze opracowanego planu przedoperacyjnego opartego na wielospecjalistycznym podejściu pod nadzorem onkologa ortopedy.

**Słowa kluczowe:** guz kości, chirurgia mięśniowo-szkieletowa, resekcja guza, nawigacja, chirurgia wspomagana komputerowo, leczenie ran ujemnym ciśnieniem, onkologia ortopedyczna, technologia, megaproteza (rozległa proteza onkologiczna), opatrunki antybakteryjne, osteointegracja, implanty ortopedyczne

**ABSTRACT**

Bone tumor surgery is extremely challenging, particularly when tumors are located in tightly confined anatomical areas and abutting critical organs and neurovascular structures. Tumor resection requires good cutting accuracy to ensure safety, to achieve negative margins, and to preserve critical structures when possible. The purpose of this paper was to review the literature on the surgical advances for bone tumor surgery published within the last year. The majority of literature identified focused on computer-assisted surgical approaches. There is increasing evidence that 3D navigation plays an important role in the resection of bone tumors. Reconstruction materials that encourage healing and prevent infections are also in development. Optimal care includes execution of a well-developed pre-operative plan using a multidisciplinary approach led by the orthopaedic oncologist.

**Key words:** bone tumor, musculoskeletal surgery, tumor resection, navigation, computer-assisted surgery, negative pressure wound therapy, orthopedic oncology, technology, megaprosthesis, antibacterial coatings, osteointegration, orthopedic implants

Onkol. Prak. Klin. 2014; 10, 4: 224–230

Onkologia w Praktyce Klinicznej  
 2014, tom 10, nr 4, 224–230  
 Copyright © Springer Science + Business  
 Media New York 2014  
 Tłumaczenie:  
 dr n. med. Aleksandra Hołowiecka  
 Wydanie polskie:  
 VM Media sp. z o.o. VM Group sp.k.  
 ISSN 1734–3542  
 www.opk.viamedica.pl

**Wstęp**

Guzy kości stanowią heterogenną grupę chorób [1\*] o specyficznych cechach biologicznych, które

to w różny sposób modyfikują formę, architekturę i stabilność układu kostnego. Guzy kości mogą mieć charakter łagodny lub złośliwy, a także pierwotny bądź przerzutowy. Większość guzów kości stanowią zmiany

przerzutowe występujące w przebiegu nowotworów litych. Paliatywna chirurgia w tych przypadkach może mieć na celu uzyskanie miejscowej kontroli choroby, zmniejszenie dolegliwości i/lub stabilizację układu szkieletowego. Pierwotne guzy kości, zarówno łagodne, jak i złośliwe, wymagają leczenia chirurgicznego, które warunkuje możliwość miejscowego wyleczenia. Chirurgię rutynowo stosowano od wielu lat, niemniej jednak ostatnio obserwowany postęp umożliwia wdrażanie coraz bardziej wyrafinowanych technologii terapeutycznych. Przed wynalezieniem we wczesnych latach 40. XX wieku przez Austina Moore'a endoprotezy [2] leczenie chirurgiczne chorych na pierwotne guzy kości kończyn ograniczało się w zasadzie do amputacji. Sukces aplikacji pierwszych endoprotez wiązał się z zastosowaniem połączenia dwóch metali, chromu i kobaltu, które okazały się wystarczająco wytrzymałe dla zniesienia obciążeń wynikających zarówno z samego zabiegu implantacji, jak i codziennej aktywności fizycznej. To przełomowe osiągnięcie stało się uzasadnieniem paradygmatu, że chorzy na nowotwory kości mogą być skutecznie leczeni metodami oszczędzającymi kończynę dzięki zastosowaniu miejscowej resekcji i rekonstrukcji. Zdano sobie wówczas sprawę z zapotrzebowania na wszczepialne protezy ortopedyczne, co stało się podstawą rozwoju nowej gałęzi przemysłu mającej na celu opracowywanie i konstruowanie tego typu materiałów. W dzisiejszych czasach można rutynowo stosować wszczepialne protezy ortopedyczne w wielu wskazaniach, poczynając od operacji stawów uszkodzonych w wyniku degeneracyjnych artropatii, aż po implantowanie rozciągalnych protez u dzieci z mięsakami kości leczonych w okresie wzrostu oraz specjalne megaprotezy używane do rekonstrukcji dużych, nieregularnych ubytków występujących w przebiegu guzów kości i ich leczenia.

Celem leczenia chirurgicznego zarówno guzów o złośliwości miejscowej, jak i pierwotnie złośliwych jest radykalna miejscowa resekcja nowotworu z zapewnieniem możliwości zachowania sprawności po zabiegu operacyjnym. Niektóre nowotwory, na przykład chrząstniakomięsaki, nie wykazują wrażliwości na standardową chemioterapię ani na napromienianie [3], tak więc chirurgia stanowi wyłączone leczenie pierwszego rzutu, a resekcja blokowa stwarza największe prawdopodobieństwo uzyskania wyleczenia miejscowego i wieloletniego przeżycia [1\*, 4–7]. Uzyskanie radykalizmu resekcji z zachowaniem ujemnych marginesów histologicznych często wiąże się z koniecznością poświęcenia ważnych życiowo struktur. Doświadczony chirurg raczej zdecyduje się na nie zawsze uzasadnione zapewnienie szerszego marginesu zdrowej tkanki niż na ryzyko zbyt oszczędnej resekcji z pozostawieniem tkanki nowotworowej w linii cięcia. Niektóre z metod leczenia skojarzonego mogą wywoływać poprawę w zakresie tworzenia się i wytrzymałości pseudotorebki guza [8\*], co pozwala

chirurgowi w trakcie zabiegu łatwiej określić rzeczywistą rozległość nowotworu, oszczędzić sąsiadujące struktury, które w innym wypadku zostałyby usunięte, i zmniejszyć ryzyko resekcji z dodatnim marginesem. Niezależnie od opracowywania nowych, skutecznych strategii leczenia skojarzonego jednocześnie dąży się do osiągnięcia dalszego postępu w zakresie chirurgicznych technik resekcji guzów kości. Pomimo znacznych osiągnięć, nadal pozostają do rozwiązania liczne problemy, takie jak zbyt wysoka częstość resekcji nieradykalnych, powikłania gojenia się ran, zakażenia i niepowodzenia zabiegów rekonstrukcyjnych. Tak więc najnowsze osiągnięcia w chirurgii guzów kości można rozpatrywać w zależności od ich założonych intencji: 1) poprawa dokładności i bezpieczeństwa resekcji; 2) poprawa w zakresie technik rekonstrukcyjnych; 3) zmniejszenie ryzyka powikłań. Należy mieć nadzieję, że obecne i przyszłe osiągnięcia zoptymalizują leczenie chirurgicznego z korzyścią zarówno dla chorego, jak i dla chirurga. W niniejszym artykule przedstawiono przegląd najnowszych osiągnięć w leczeniu chirurgicznym guzów kości na podstawie doniesień opublikowanych w ubiegłym roku.

## Poprawa dokładności i bezpieczeństwa resekcji

Resekcja guzów kości może stanowić duże wyzwanie, szczególnie gdy nowotwory są zlokalizowane w wąsko ograniczonych obszarach anatomicznych i gdy przylegają do ważnych narządów i pęczków nerwowo-naczyniowych. Resekcja guza wymaga dużej dokładności w celu zapewnienia bezpieczeństwa, uzyskania ujemnych marginesów i zachowania, jeśli to tylko możliwe, funkcji narządów o istotnym znaczeniu. Szczególnie wyzwaniem stanowią guzy kości zlokalizowane w złożonych, trójwymiarowych strukturach układu szkieletowego, takich jak miednica, kość krzyżowa czy okolice rdzenia kręgowego. Aby przeprowadzić poprawną resekcję tak zlokalizowanych guzów, często konieczne jest wykonanie złożonych, wielokierunkowych osteotomii. Niestety ze względu na złożoność zabiegów istnieje znaczne ryzyko niedokładności resekcji chirurgicznych [9], co przekłada się na wysoki odsetek nawrotów miejscowych w zakresie szczególnie trudno dostępnych lokalizacji. Przykładowo, po resekcji guzów zlokalizowanych w miednicy odsetek niepowodzeń miejscowych może sięgać 35% [10].

Podstawą każdej resekcji chirurgicznej jest dobrze przemyślany i dobrze opracowany plan przedoperacyjny, oparty na krytycznej ocenie danych uzyskanych właściwą techniką obrazowania. Nowoczesne technologie nie wypierają i nigdy nie wyprą takiego podejścia. Niemniej postęp technologiczny może pomóc chirurgowi zarówno w opracowaniu starannego planu zabiegu, jak i w jego realizacji. Analizowane są różne metody poprawy do-

kładności i bezpieczeństwa resekcji guzów kości. Większość z tych metod uwzględnia jakąś formę obrazowania w trakcie zabiegu, co ma poprawić uwidocznienie zmian i ułatwić wykonanie zaplanowanej resekcji z większą dokładnością, bezpieczeństwem i wiarygodnością.

Najczęściej stosowaną formą obrazowania śródoperacyjnego w chirurgii guzów kości jest fluoroskopia. Jest ona metodą powszechnie dostępną, łatwą do zastosowania i pomagającą operującemu chirurgowi w identyfikacji zmiany, określeniu zakresu potencjalnej resekcji, a także ułatwiającą złożone zabiegi rekonstrukcyjne. Dzięki zastosowaniu nawigacji fluoroskopowej wiele procedur w zakresie onkologii ortopedycznej można wykonać dokładniej i z większą wiarygodnością. Należy jednak pamiętać, że fluoroskopia dostarcza jedynie dwuwymiarowe obrazy i wiąże się ze zwiększoną ekspozycją na promieniowanie, co ma udowodnione działania niepożądane [11, 12]. Wiele minimalnie inwazyjnych zabiegów ortopedycznych wymaga zastosowania intensywnej, śródoperacyjnej fluoroskopii. Niestety większość chirurgów ortopedów odbyła niewystarczające, a często w ogóle nie odbyła, szkolenie z zakresu stosowania fluoroskopii i właściwych sposobów zmniejszenia ekspozycji zespołu operującego na promieniowanie.

Bardziej wyrafinowaną formą śródoperacyjnego obrazowania jest nawigacja oparta na tomografii komputerowej. Tomografia komputerowa generuje trójwymiarowe obrazy złożonych struktur przy równoczesnym ograniczeniu ekspozycji zespołu operującego na promieniowanie. Nawigacja oparta na tomografii komputerowej może uwzględniać wyniki badania tomograficznego wykonanego przed zabiegiem oraz obrazy uzyskane śródoperacyjnie. Najpowszechniej w chirurgii ortopedycznej nawigację tomograficzną wykorzystuje się podczas umiejscawiania śrub przeznasadowych przy zabiegach w okolicy rdzenia kręgowego. Nawigacja technikami trójwymiarowymi pozwala na wysoce precyzyjne umiejscowienie śrub przeznasadowych, a co się z tym wiąże poprawia bezpieczeństwo chorych poddanych zabiegom stabilizacji piersiowego odcinka rdzenia kręgowego. Allam i wsp. ocenili w grupie 45 chorych, u których łącznie wprowadzono 200 śrub, dokładność ich umiejscowienia przy zastosowaniu techniki „wolnej ręki” w porównaniu z zabiegami wspomaganymi nawigacją trójwymiarową [13\*]. Technika umiejscawiania śrub przeznasadowych w odcinku piersiowym kręgosłupa z zastosowaniem nawigacji trójwymiarowej okazała się bardziej skuteczna niż technika „wolnej ręki”. Wyniki te są szczególnie istotne dla onkologii ortopedycznej, gdyż niestabilne zmiany przerzutowe w kręgosłupie często wymagają tego typu stabilizacji. Korzyść z zastosowania nawigacji trójwymiarowej nie ogranicza się jedynie do zabiegów wykonywanych w okolicy rdzenia kręgowego. Pojawia się coraz więcej danych potwierdzających istotną rolę nawigacji trójwymiarowej w resekcjach guzów kości.

W ubiegłym roku ukazało się ponad 20 publikacji z dziedziny onkologii ortopedycznej dotyczących zastosowania nawigacji [14\*, 15\*, 16\*, 17\*, 18, 19\*, 20\*\*, 21–25, 26\*, 27–30, 31\*, 32\*\*, 33]. Wong i wsp. opublikowali szereg prac z tego zakresu. W badaniu z największą liczbą chorych (20) ocenili rolę resekcji wspomaganą nawigacją [32\*\*]. Różnica pomiędzy wykonanymi a planowanymi resekcjami wyniosła 2 mm lub mniej. Uzyskane umiejscowienie protezy było porównywalne z planowanym po porównaniu obrazów tomograficznych przed- i pooperacyjnych u 5 chorych. Aponte-Tinao i wsp. opublikowali dane dotyczące 5 chorych, u których wykonano wielopłaszczyznowe osteotomie wspomagane nawigacją komputerową [14\*]. Średnia różnica pomiędzy planowaną a wykonaną osteotomią wyniosła 2,43 mm. Wyniki te wskazują, że zastosowanie nawigacji komputerowej wraz ze starannie przygotowanym planem zabiegu pozwala chirurgowi na śródoperacyjne dokładne zrealizowanie zaplanowanej operacji również w przypadku złożonych wielopłaszczyznowych resekcji. W celu dostarczenia dalszych dowodów Cartiaux i wsp. ocenili dokładność cięcia podczas symulacji nawigowanego i nienawigowanego zabiegu resekcji guza kości miednicy [16\*]. W tym badaniu 23 operatorów (10 starszych i 13 młodszych stażem chirurgów) zostało poproszonych o wykonanie resekcji w symulowanym modelu guza kości miednicy, początkowo techniką „wolnej ręki”, a następnie za pomocą systemu nawigacyjnego. Realizacja planów resekcji w porównaniu z planami zakładanymi przedoperacyjnie poprawiła się w istotny sposób po zastosowaniu nawigacji, przeciętnie z różnicą do 2,8 mm w porównaniu z 11,2 mm przy metodzie „wolnej ręki” ( $p < 0,001$ ). Co więcej, po zastosowaniu nawigacji nie stwierdzono ani jednego przypadku resekcji nieradykalnej. Jeys i wsp. przeanalizowali grupę 31 chorych poddanych resekcji guzów okolic kości miednicy i kości krzyżowej z zastosowaniem nawigacji komputerowej. Również oni doszli do wniosku, że zastosowanie nawigacji komputerowej spowodowało zmniejszenie częstości zabiegów nieradykalnych. Metoda pozwoliła natomiast na zachowanie korzeni nerwów krzyżowych, usunięcie zmian ocenianych za nieresekcyjne i uniknięcie konieczności wykonania hemipelwektomii (amputacji z usunięciem kończyny dolnej i części miednicy) [20\*\*]. Powyższe publikacje dobrze dokumentują korzyści wynikające z zastosowania nawigacji komputerowej podczas resekcji guzów kości. Niemniej wykorzystanie nawigacji łączy się z pewnymi trudnościami. Podstawowe wyzwanie w tym zakresie stanowi nałożenie modelu przedoperacyjnego na obraz tkanek i narządów uzyskany śródoperacyjnie [34]. Przeprowadza się to poprzez określenie wzajemnie odpowiadających struktur na skanach przedoperacyjnych i w czasie rzeczywistym, w trakcie zabiegu. Często jednak dokładność nakładania obrazów ulega pogorszeniu ze względu na trudność w wiarygodnym porównaniu

struktur tkankowych chorego z ich obrazem uzyskanym w tomografii komputerowej. Do błędu może również dochodzić, jeżeli podczas zabiegu chirurgicznego chorego zostaje ułożony w pozycji odbiegającej od ułożenia podczas wykonywania tomografii przedoperacyjnej. Obrazowania śródoperacyjne połączone z zastosowaniem narzędzi specyficznych dla danego przypadku stanowią nowe technologie opracowane w celu redukcji wymienionych ograniczeń.

Śródoperacyjna nawigacja z użyciem tomografii komputerowej jest jedną z najnowszych technik wspomagających precyzję leczenia chirurgicznego. W trakcie operacji wykonuje się wysokiej jakości badanie tomograficzne, które automatycznie rejestruje anatomie chorego do systemu nawigacyjnego, pozwalając na pominięcie ręcznej rejestracji i niwelując powstałe w jej trakcie błędy. Śródoperacyjna nawigacja oparta na tomografii komputerowej zmniejsza również potencjalne błędy wynikające z pozycjonowania, ponieważ skany wykonuje się w czasie, kiedy chory został już ułożony na stole operacyjnym. Podczas zabiegu można wykonać dodatkowe skany, co pozwala chirurgowi uzyskać dodatkowe informacje, zanim chory opuści salę operacyjną. Pomimo znacznych korzyści z zastosowania nawigacji śródoperacyjnej nawigacja oparta na skanach przedoperacyjnych nadal ma swoją wartość, pozwala bowiem chirurgowi na stworzenie złożonego planu zabiegu oraz wirtualnego modelu resekcji i rekonstrukcji przed wykonaniem operacji.

Narzędzia specyficzne dla chorego (PSI, *patient-specific instruments*) to indywidualny, szczegółowy plan poszczególnych etapów zabiegu, opierający się na przedoperacyjnych obrazach tomografii komputerowej, zaprojektowany w celu dopasowania się do specyfiki anatomicznej w danym przypadku. Cartiaux i wsp. ocenili przydatność PSI w przedklinicznym doświadczeniu z użyciem symulacji [17\*]. Po zastosowaniu PSI dokładność umiejscowienia planów cięcia w odniesieniu do planów wyjściowych wyniosła średnio 1–1,2 mm w przedniej i tylnej części kości biodrowej, 2 mm w kości łonowej i 3,7 mm w kości kulszowej ( $p < 0,0001$ ). W porównaniu z typową nawigacją technologia PSI pozwala uzyskać dokładność zbliżoną do obserwowanej w doświadczeniach *in vitro* i nie wymaga ciągłych procedur śledzenia i rejestracji, które są zarówno czasochłonne, jak i stanowią źródło błędów.

Najbardziej spektakularnym osiągnięciem wydaje się jednak zintegrowanie wspomaganego komputerowo chirurgii z podejściem minimalnie inwazyjnym. Możliwa dzięki nawigacji minimalnie inwazyjna chirurgia najczęściej była wykorzystywana w leczeniu łagodnych schorzeń degeneracyjnych rdzenia kręgowego. Niemniej w niedawno opublikowanym opisie przypadku wykazano korzyść z zastosowania zintegrowanej technologii w leczeniu chirurgicznym guza układu mięśniowo-

-szkieletowego [15\*]. Campos i wsp. opisali przypadek 16-letniej dziewczyny z objawowym kostniakiem (*osteoid osteoma*) zlokalizowanym w rejonie dziewiątego kręgu piersiowego, u której udało się wyłyżeczować zmianę w trakcie zabiegu torakochirurgicznego wspomaganego obrazem wideo (VATS, *video-assisted thoracoscopic surgery*) i kierowanego systemem nawigacji komputerowej (VATS-NAV). VATS-NAV pozwoliła na przeprowadzenie operacji w krótszym czasie, z mniejszym ryzykiem powikłań i redukcją ekspozycji chirurga, chorej i personelu medycznego na promieniowanie. Umożliwiła również integrację rzeczywistych i wirtualnych obrazów zmian z zapewnieniem właściwego prowadzenia narzędzi podczas zabiegu.

Jednoznacznie można stwierdzić, że zastosowanie nawigacji w chirurgii pozwala na uzyskanie istotnych korzyści. Wykorzystanie potencjału nowych technik obrazowania oraz technologii chirurgii minimalnie inwazyjnej stwarza możliwość przeprowadzania zabiegów chirurgicznych guzów kości z większą precyzją i bezpieczeństwem, przy równoczesnym zwiększaniu szans zachowania funkcji narządu i mniejszej częstości powikłań.

## Poprawa możliwości rekonstrukcji

Możliwości rekonstrukcji narządów po resekcji guzów kości zostały dobrze opisane i obejmują enoprotezy, allografty, przeszczepy unaczynione oraz materiały kompozytowe. Ogólnie, dąży się do rekonstrukcji z użyciem endoprotez, niemniej zabiegi tego typu wiążą się z istotnym odsetkiem niepowodzeń w adaptacji protez i zakażeń. Z tego powodu dążenia *Research and Development* (R&D) skupiły się na doskonaleniu opatrunków powierzchniowych mających wspierać osteointegrację i zapobiegać zakażeniom [35–42]. Większość badań nad opatrunkami z antybakteryjną powierzchnią jest w fazie badań przedklinicznych. Niemniej jednak Coathup i wsp. ocenili przydatność kołnierzy pokrytych hydroksyapatytem w promowaniu osteointegracji endoprotez z kością [36]. Przeanalizowano dane 61 chorych poddanych wszczępieniu endoprotezy w dystalnym odcinku kości udowej. Średni czas obserwacji wyniósł 8,2 roku. Wrastanie kości w rowkowany, pokryty warstwą hydroksyapatytu kołnierz oceniano radiograficznie. Analizowano również wycinki histologiczne implantów z i bez kołnierza pokrytego hydroksyapatytem pobrane podczas amputacji z powodu nawrotu miejscowego lub z badania sekcyjnego (mediana czasu od wszczępienia wyniosła 3,5 roku, zakres 1,4–6,1 roku). Analiza histologiczna wykazała obecność dojrzałej kości beleczkowej w obrębie rowków kołnierza, tkankę kostną stwierdzano w bezpośrednim kontakcie z powierzchnią hydroksyapatytu. Natomiast na powierzchni wszczępiń wykonanych

bez kołnierzy pokrytych hydroksyapatytem nie odnotowano bezpośredniego przylegania kości.

Megaprotezy (rozległe protezy onkologiczne) wykonywane indywidualnie stosuje się w małych grupach chorych w celu rekonstrukcji rozległych, nieregularnych ubytków [43–47]. Nowe technologie wykorzystujące wydruki trójwymiarowe pozwalają chirurgom tworzyć model resekcji oparty na przedoperacyjnym badaniu tomograficznym i konstruować implanty dopasowane do danej sytuacji klinicznej. Może to skutkować zmniejszeniem ryzyka zjawiska niedopasowania resekcji i rekonstrukcji oraz potencjalnie redukowaniem częstości niepowodzeń rekonstrukcji.

Rekonstrukcje allograftami są często stosowane przez onkologów ortopedów, ale wiążą się z licznymi powikłaniami, w tym z wydłużonym czasem gojenia i brakiem wytworzenia się zespolenia. Aponte i wsp. wykazali jednak, że pomimo wysokiego odsetka wczesnych powikłań, rekonstrukcje allograftami wiążą się z wysokim odsetkiem przeżycia po 10 latach i stanowią korzystną opcję dla młodych chorych z oczekiwanym długim przeżyciem całkowitym [48].

Przeszczepy unaczynione są korzystne dzięki właściwościom biologicznym i bardzo dobremu gojeniu, ale wiążą się z wysokim odsetkiem powikłań ze strony miejsca dawczego. Campanacci i wsp. ocenili przydatność przeszczepów unaczynionych kości strzałkowej (VFG, *vascularized fibula grafts*) podczas zabiegów rewizji powikłanych pierwotnych rekonstrukcji [49]. W grupie 12 chorych u 7 użyto VFG jako dodatkowego biologicznego wzmocnienia przy braku wytworzenia się zespolenia, a u 5 zastosowano kombinację allograftu i VFG w celu zastąpienia wkładów cementowych (4 chorych) lub niewydolnych protez (1 chory). Całkowite wygojenie osteotomii, zarówno allograftu, jak i VFG, ostatecznie stwierdzono u 10 chorych. W 2 przypadkach doszło do istotnych powikłań wymagających rewizji chirurgicznej, co u jednego chorego doprowadziło do wygojenia, a u drugiego do trwałej dysfunkcji.

Pomimo obserwowanego postępu i poprawy wyników leczenia oszczędzającego kończyny amputacja pozostaje dobrą opcją chirurgiczną dla chorych mających wysokie oczekiwania co do sprawności i powinna być każdorazowo rozważana jako możliwość leczenia zabiegowego pierwszego rzutu [50].

## Zmniejszanie odsetka powikłań

Immunosupresja, długi czas trwania zabiegów chirurgicznych, rozległe zmiany pooperacyjne, rekonstrukcja materiałami niebiologicznymi i leczenie adiuwantowe przyczyniają się do nieakceptowalnie wysokiej częstości powikłań, głównie upośledzonego gojenia ran i zakażeń. Najnowsze dane sugerują istotną rolę specjalisty chirur-

gii plastycznej w zapobieganiu powyższym działaniom niepożądanym i unikaniu wynikających z nich wtórnych amputacji [51]. W retrospektywnej analizie Agrawal i wsp. wykazali, że dołączenie specjalisty chirurgii plastycznej do zespołu terapeutycznego opiekującego się chorymi na mięsaki kończyn spowodowało 20-procentową redukcję amputacji kończyn dolnych bez zwiększenia częstości nawrotów miejscowych. Obserwowano również zmniejszenie o 20% powikłań infekcyjnych wymagających dożylną antybiotykoterapii i redukcję o 75% częstości utraty przeszczepów skóry. Dane te potwierdzają celowość powszechnego włączania, jeśli tylko jest to możliwe, do wielospecjalistycznego zespołu specjalisty chirurgii plastycznej. Jeżeli nie ma takiej możliwości, należy dołożyć wszelkich starań do uzyskania optymalnej hemostazy i zapewnić pokrycie zdrowymi tkankami miękkimi miejsca krytycznego ubytku. Dodatkowo, wykazano korzystny efekt w gojeniu powikłanych, zakażonych ran po zastosowaniu metody leczenia ujemnym ciśnieniem (NPWT, *negative pressure wound therapy*) [52]. Zwyczajowo NPWT stosuje się w leczeniu ran otwartych. Aktualnie stosowanie NPWT rozszerza się jednak na zapobieganie wystąpieniu powikłań gojenia zamkniętych ran chirurgicznych.

W aktualnym przeglądzie piśmiennictwa z ostatnich 3 lat znaleziono 26 publikacji dotyczących wykorzystania NPWT w leczeniu zamkniętych ran chirurgicznych [53]. Wyniki badań sugerują zmniejszenie częstości powikłań gojenia ran w efekcie zmniejszenia odsetka krwiaków i torbieli surowiczych, przyśpieszenia procesu gojenia i lepszego ustępowania miejscowego obrzęku tkanek. Na chwilę obecną nie ma wyników randomizowanych badań oceniających rolę NPWT w onkologii ortopedycznej. Niemniej, mając na uwadze wykazaną korzyść z zastosowania NPWT w leczeniu innych zamkniętych złożonych ran chirurgicznych, a także wysoki odsetek powikłań i zakażeń w onkologii ortopedycznej, celowe wydaje się przeprowadzenie randomizowanych badań dotyczących tego zagadnienia.

## Przyszłe kierunki rozwoju

Zwiększenie czułości dostępnych metod obrazowania i rozwój nowych technologii, takich jak integracja obrazów [54] we wspomaganą komputerowo chirurgii guzów kości, pomoże chirurgom tworzyć dokładne i wiarygodne plany przedoperacyjne, które następnie będą mogli realizować z większą dokładnością i bezpieczeństwem. Wydaje się, że takie podejście to przyszłość w złożonych resekcjach guzów układu mięśniowo-szkieletowego, szczególnie w lokalizacjach trudno dostępnych, jak miednica, kręgosłup czy kość krzyżowa. W miarę udoskonalania wymienionych technologii można oczekiwać, że w przyszłości chirurg będzie przy-

gotowywał się do zabiegu operacyjnego podczas wirtualnej symulacji wykorzystującej charakterystyczne dane chorego [55]. Potencjalnie przełoży się to na łatwiejsze wykonanie resekcji. Należy też oczekiwać dalszego postępu w tworzeniu protez wszczepialnych tak, aby następowała poprawa w zakresie procesu gojenia przy mniejszym ryzyku zakażeń.

## Wnioski

Chirurgia guzów kości jest niezwykle złożona, wymaga starannego planowania przedoperacyjnego i aktywnego udziału wielospecjalistycznego zespołu kierowanego przez ortopeda onkologa. Zastosowanie trójwymiarowej, śródoperacyjnej nawigacji w celu poprawy dokładności i bezpieczeństwa resekcji przyczyniło się do aktualnego rozwoju chirurgii guzów kości. Dalsze badania powinny koncentrować się na poprawie technik rekonstrukcji z wykorzystaniem materiałów tworzących z intencją stymulowania osteointegracji i zapobiegania infekcom.

*Zgodność z Zasadami Etyki Lekarskiej.*

*Autor deklaruje brak konfliktu interesów.*

*Prawa człowieka i zwierząt oraz świadoma zgoda — artykuł nie zawiera żadnych badań z udziałem ludzi lub zwierząt, prowadzonych przez autora.*

## Piśmiennictwo

Artykuły o szczególnym znaczeniu, opublikowane w ostatnim czasie, zostały wyróżnione w następujący sposób: \*ważne; \*\*szczególnie ważne

- \*Fletcher C.D.M., World Health Organization, and International Agency for Research on Cancer, WHO classification of tumours of soft tissue and bone. 4th ed. World Health Organization classification of tumours. IARC Press, Lyon 2013, 468 str. Uaktualnienie zbiorczej klasyfikacji guzów tkanek miękkich wg Światowej Organizacji Zdrowia
- Moore A.T., Bohlman H.R. Metal hip joint: a case report. 1942. Clin. Orthop. Relat. Res. 2006; 453: 22–24.
- Italiano A. i wsp. Advanced chondrosarcomas: role of chemotherapy and survival. Ann. Oncol. 2013; 24 (11): 2916–2922.
- Evans H.L., Ayala A.G., Romsdahl M.M. Prognostic factors in chondrosarcoma of bone: a clinicopathologic analysis with emphasis on histologic grading. Cancer 1977; 40 (2): 818–831.
- Sheth D.S. i wsp. Chondrosarcoma of the pelvis. Prognostic factors for 67 patients treated with definitive surgery. Cancer 1996; 78 (4): 745–750.
- Pring M.E. i wsp. Chondrosarcoma of the pelvis. A review of sixtyfour cases. J. Bone Joint Surg. Am. 2001; 83-A (11): 1630–1642.
- Weber K.L., Pring M.E., Sim F.H. Treatment and outcome of recurrent pelvic chondrosarcoma. Clin. Orthop. Relat. Res. 2002; 397: 19–28.
- \*O'Donnell P.W. i wsp. Chemotherapy influences the pseudocapsule composition in soft tissue sarcomas. Clin. Orthop. Relat. Res. 2014; 472 (3): 849–855. Chemioterapia neoadiuwantowa przyczyniła się do wytworzenia pseudokapsułki guza i zmniejszyła liczbę guzów z obecnością komórek nowotworu w obrębie i poza pseudokapsułką.
- Cartiaux O et al. Surgical inaccuracy of tumor resection and reconstruction within the pelvis: an experimental study. Acta Orthop. 2008; 79(5):695–702.
- Delloe C. i wsp. Pelvic reconstruction with a structural pelvic allograft after resection of a malignant bone tumor. J. Bone Joint Surg. Am. 2007; 89 (3): 579–587.
- Ding G.X., Munro P. Radiation exposure to patients from image guidance procedures and techniques to reduce the imaging dose. Radiother. Oncol. 2013; 108 (1): 91–98.
- Schils F., Schoojaans W., Struelens L. The surgeon's real dose exposure during balloon kyphoplasty procedure and evaluation of the cement delivery system: a prospective study. Eur. Spine J. 2013; 22 (8): 1758–1764.
- \*Allam Y. i wsp. Computer tomography assessment of pedicle screw placement in thoracic spine: comparison between freehand and generic 3D-based navigation techniques. Eur. Spine J. 2013; 22 (3): 648–653. Podsumowując, umieszczenie śruby osiowej wspomaganie trójwymiarową nawigacją okazało się skuteczniejsze niż technika wolnej ręki.
- \*Aponte-Tinao L.A. i wsp. Multiplanar osteotomies guided by navigation in chondrosarcoma of the knee. Orthopedics 2013; 36 (3): e325–e330. Stwierdzono, że zastosowanie nawigacji z odpowiednim planem przedoperacyjnym pozwala chirurgom na odtworzenie podczas operacji planów resekcji z dużą dokładnością, nawet przy złożonych wielopłaszczyznowych resekcjach.
- \*Campos W.K., Gasbarrini A., Boriani S. Case report: curetting osteoid osteoma of the spine using combined video-assisted thoracoscopic surgery and navigation. Clin. Orthop. Relat. Res. 2013; 471 (2): 680–685. Opisuje połączenie nawigacji z minimalnie inwazyjnymi technikami chirurgii w leczeniu guzów rdzenia kręgowego.
- \*Cartiaux O. i wsp. Computer-assisted planning and navigation improves cutting accuracy during simulated bone tumor surgery of the pelvis. Comput. Aided Surg. 2013; 18 (1–2): 19–26. Dokładność cięć podczas symulowanych resekcji kości miednicy poprawia się po zastosowaniu systemu nawigacji.
- \*Cartiaux O. i wsp. Improved accuracy with 3D planning and patient-specific instruments during simulated pelvic bone tumor surgery. Ann. Biomed. Eng. 2014; 42 (1): 205–213. Technologia PSL w porównywalny z nawigacją sposób poprawiała dokładność resekcji kości, nie wymagała natomiast rejestracji i monitorowania podczas zabiegu operacyjnego.
- Cengic T. i wsp. Intraoperative gamma hand-held probe navigation in resection of osteoid osteoma tumor — report of two cases. Acta Clin. Croat. 2013; 52 (2): 261–265.
- \*Gerbers J.G., Jutte P.C. Hip-sparing approach using computer navigation in periacetabular chondrosarcoma. Comput. Aided Surg. 2013; 18 (1–2): 27–32. W tym opisie przypadku autorzy udokumentowali bezpieczeństwo stosowania systemu nawigacji, co pozwoliło na wykonanie resekcji guza z zachowaniem stawu biodrowego.
- \*\*Jeys L. i wsp. Can computer navigation-assisted surgery reduce the risk of an intraliesional margin and reduce the rate of local recurrence in patients with a tumour of the pelvis or sacrum? Bone Joint J. 2013; 95-B (10): 1417–1424. Autorzy przedstawili swoje doświadczenia z użyciem chirurgii wspomaganą systemem nawigacji u 31 pacjentów i stwierdzili zmniejszenie częstości cięć poprzez tkanki guzów miednicy i kości krzyżowej.
- Kang H.G., Cho C.N., Kim K.G. Percutaneous navigation surgery of osteoid osteoma of the femur neck. Minim. Invasive Ther. Allied Technol. 2014; 23 (1): 58–62.
- Khan F. i wsp. Haptic robot-assisted surgery improves accuracy of wide resection of bone tumors: a pilot study. Clin. Orthop. Relat. Res. 2013; 471 (3): 851–859.
- Mezger U., Jendrewski C., Bartels M. Navigation in surgery. Langenbecks Arch. Surg. 2013; 398 (4): 501–514.
- Miyazaki T. i wsp. Chondroblastoma of the distal femur resected through a small fenestra via computed tomography navigation and endoscopy: a case report. J. Med. Case Rep. 2013; 7 (1): 164.
- Ritacco L.E. i wsp. Accuracy of 3-D planning and navigation in bone tumor resection. Orthopedics 2013; 36 (7): e942–e950.
- \*Ritacco L.E. i wsp. Bone tumor resection: analysis about 3D pre-operative planning and navigation method using a virtual specimen. Stud. Health Technol. Inf. 2013; 192: 1162. Opisuje wiarygodność zastosowania tomograficznej rekonstrukcji materiału chirurgicznego w ocenie dokładności resekcji.
- Satcher Jr. R.L. How intraoperative navigation is changing musculoskeletal tumor surgery. Orthop. Clin. North Am. 2013; 44 (4): 645–656.
- So T.Y., Lam Y.L., Mak K.L. Computer-assisted navigation in bone tumor surgery: seamless workflow model and evolution of technique. Clin. Orthop. Relat. Res. 2010; 468 (11): 2985–2991.
- Stubig T. i wsp. 3D-navigated implantation of the glenoid component in reversed shoulder arthroplasty. Feasibility and results in an anatomic study. Int. J. Med. Robot. 2013; 9 (4): 480–485.
- Sugano N. Computer-assisted orthopaedic surgery and robotic surgery in total hip arthroplasty. Clin. Orthop. Surg. 2013; 5 (1): 1–9.

31. \*Wong K.C., Kumta S.M. Joint-preserving tumor resection and reconstruction using image-guided computer navigation. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2013; 471 (3): 762–773. Opisuje 6 przypadków potwierdzających korzyść z zastosowania nawigacji podczas przeprowadzania zabiegów resekcji z intencją zachowania funkcji stawu.
32. \*\*Wong K.C., Kumta S.M. Computer-assisted tumor surgery in malignant bone tumors. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2013; 471 (3): 750–761. Opisuje wyniki zastosowania u 20 pacjentów zabiegów chirurgicznych wspomaganých nawigacją.
33. Wong K.C., Kumta S.M. Use of computer navigation in orthopedic oncology. *Curr. Surg. Rep.* 2014; 2: 47.
34. Gao Q. i wsp. Modeling of the bony pelvis from MRI using a multi-atlas AE-SDM for registration and tracking in image-guided robotic prostatectomy. *Comput. Med. Imaging Graph.* 2013; 37 (2): 183–194.
35. Akiyama T. i wsp. Silver oxide-containing hydroxyapatite coating has in vivo antibacterial activity in the rat tibia. *J. Orthop. Res.* 2013; 31 (8): 1195–1200.
36. Coathup M.J. i wsp. Long-term survival of cemented distal femoral endoprostheses with a hydroxyapatite-coated collar: a histological study and a radiographic follow-up. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2013; 95 (17): 1569–1575.
37. De Giglio E. i wsp. An innovative, easily fabricated, silver nanoparticle-based titanium implant coating: development and analytical characterization. *Anal. Bioanal. Chem.* 2013; 405 (2–3): 805–816.
38. Della Valle C. i wsp. A novel antibacterial modification treatment of titanium capable to improve osseointegration. *Int. J. Artif. Organs.* 2012; 35 (10): 864–875.
39. Gulati K. i wsp. Biocompatible polymer coating of titanium nanotube arrays for improved drug elution and osteoblast adhesion. *Acta Biomater.* 2012; 8 (1): 449–456.
40. He P. i wsp. Enhanced osteoinductivity and osteoconductivity through hydroxyapatite coating of silk-based tissue-engineered ligament scaffold. *J. Biomed. Mater. Res. A.* 2013; 101 (2): 555–566.
41. Jennison T., McNally M., Pandit H. Prevention of infection in external fixator pin sites. *Acta Biomater.* 2014; 10 (2): 595–603.
42. Kose N. i wsp. A silver ion-doped calcium phosphate-based ceramic nanopowder-coated prosthesis increased infection resistance. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2013; 471 (8): 2532–2539.
43. Biau D. i wsp. Survival of total knee replacement with a megaprosthesis after bone tumor resection. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2006; 88 (6): 1285–1293.
44. Bruns J. i wsp. Cementless fixation of megaprotheses using a conical fluted stem in the treatment of bone tumours. *J. Bone Joint Surg. (Br.)* 2007; 89 (8): 1084–1087.
45. Muller P.E. i wsp. Internal hemipelvectomy and reconstruction with a megaprosthesis. *Int. Orthop.* 2002; 26 (2): 76–79.
46. Natarajan M.V., Mohanlal P., Bose J.C. The role of limb salvage surgery and custom megaprosthesis in multiple myeloma. *Acta Orthop. Belg.* 2007; 73 (4): 462–467.
47. Rudert M. i wsp. Partial pelvic resection (internal hemipelvectomy) and endoprosthetic replacement in periacetabular tumors. *Oper. Orthop. Traumatol.* 2012; 24 (3): 196–214.
48. Aponte-Tinco L.A. i wsp. The principles and applications of fresh frozen Allografts to bone and joint reconstruction. *Orthop. Clin. North Am.* 2014; 45 (2): 257–269.
49. Campanacci D.A. i wsp. Vascularised fibular grafts as a salvage procedure in failed intercalary reconstructions after bone tumour resection of the femur. *Injury* 2014; 45 (2): 399–404.
50. Harris J.D. i wsp. Exceptional functional recovery and return to high-impact sports after Van Nes rotationplasty. *Orthopedics* 2013; 36 (1): e126–e131.
51. Agrawal N. i wsp. Outcomes analysis of the role of plastic surgery in extremity sarcoma treatment. *J. Reconstr. Microsurg.* 2013; 29 (2): 107–111.
52. Falagas M.E. i wsp. Impact of vacuum-assisted closure (VAC) therapy on clinical outcomes of patients with sternal wound infections: a meta-analysis of non-randomized studies. *PLoS One* 2013; 8 (5): e64741.
53. Karlakki S. i wsp. Negative pressure wound therapy for management of the surgical incision in orthopaedic surgery: a review of evidence and mechanisms for an emerging indication. *Bone Joint Res.* 2013; 2 (12): 276–284.
54. Hacıhaliloglu I. i wsp. Non-iterative partial-view 3D ultrasound to CT registration in ultrasound-guided computer-assisted orthopedic surgery. *Int. J. Comput. Assist. Radiol. Surg.* 2013; 8 (2): 157–168.
55. Bullock P. i wsp. Integration of image guidance and rapid prototyping technology in craniofacial surgery. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2013; 42 (8): 970–973.