



Knochensarkome

Behandlung von primären Knochentumoren am Becken

Bruno Fuchs, Winterthur, Luzern, Zürich; Andreas Krieg, Christoph Kettelhack, Basel; Gabriela Studer, Luzern; Beata Bode, Zürich; für das SwissSarcomaNetwork

Knochensarkome | Resektion | Behandlungnetzwerke

■ Primär maligne Knochentumoren, sogenannte Sarkome des Knochens, sind selten, deren Abklärung und Therapie erfordern zudem ein hohes Mass an Interdisziplinarität und Koordination. In Abhängigkeit vom Alter, vom Ausmass der Erkrankung sowie der anatomischen Lokalisation und Grösse des Tumors muss die Behandlung individualisiert werden. Die Chirurgie bildet den Hauptpfeiler der Therapie und eine mikroskopisch komplette Resektion ist direkt korreliert mit der Überlebensrate.

Gemäss dem Rizzoli Institut (www.ior.it) finden sich 16,5% aller primären malignen Knochentumoren im Becken. Zu den häufigsten zählen das Chondrosarkom (5,3%), das Ewing's Sarkom (4,8%), das Osteosarkom (3,2%) und das Chordom mit 2%. Die Alters- und Geschlechtsverteilung richtet sich in der Regel nach der zugrundeliegenden Biologie des Tumors.

Abklärung eines Beckensarkoms

Die Abklärung von Knochensarkomen im Becken ist komplex, da der Tumor - insbesondere, wenn er intrapelvin wächst - häufig und lange der Palpation nicht zugänglich ist, und die Schmerzen initial meistens als unspezifisch eingestuft werden. Hauptsächlich werden die Schmerzen beeinflusst von der anatomischen Lage des Befundes, und weniger von der zugrundeliegenden Biologie. Nicht selten sind die Beckensarkome zum Zeitpunkt der Diagnosestellung schon relativ gross. Deswegen ist es wichtig, die Diagnose eines Beckensarkoms überhaupt differenzialdiagnostisch in Erwägung zu ziehen [14].



**Prof. Dr. med. Dr. sc. nat.
Bruno Fuchs**

Chefarzt Orthopädische Onkologie/
Sarkomzentrum
Kantonsspital Luzern
Universitätsspital Zürich
Kantonsspital Winterthur

Kantonsspital Winterthur
Klinik für Orthopädie und
Traumatologie
Braucherstrasse 15, Postfach 834
8401 Winterthur
fuchs@sarcoma.surgery
www.swiss-sarcoma.net

Ein Beckenübersichts-Röntgenbild kann bereits Konturunschärfen zeigen, die hinweisend sein können für einen Beckentumor. Grössere Tumoren zeigen das Ausmass der Knochendestruktion, und damit erlauben sie eine grundsätzliche Beurteilung der mechanischen Stabilität. Eine i.v.-Kontrast-verstärkte Magnetresonanztomografie (MRI-KM) ist die Methode der Wahl, um die Läsion ausreichend zu charakterisieren. Dabei sollen die anatomische Lage im Becken beurteilt werden, sowie die Beziehung zu den neurovaskulären Strukturen, dem Periost und den Gelenkstrukturen. Die Kontrastmittel-Aufnahme gibt Informationen über die Durchblutung der Läsion und damit deren potenzielle Aggressivität.

Kann der Verdacht auf ein Knochensarkom bildgebend weiterhin nicht ausgeschlossen werden, soll immer eine Biopsie veranlasst werden. Die Wahl des Biopsieweges ist kritisch und muss so erfolgen, dass er während der später folgenden Operation ohne vermeidbare Gewebekontamination und unnötiger Eröffnung von zusätzlichen Kompartimenten entfernt werden kann, um das Tumorzell-Seeding und damit die Gefahr eines Lokalrezidivs zu minimieren. Präferenziell erfolgt die Biopsie durch eine eingespielte Abklärungseinheit von interventionellem Radiologen, Pathologen und Operateur. Um das Tumorzell-Seeding möglichst minimal zu halten, soll eine Stanzbiopsie durchgeführt werden, da im Gegensatz zur offenen Biopsie (mit 32%) das Risiko mit 0,37% deutlich geringer ist [1,2].

Die Aufarbeitung einer bioptischen Probe ist kritisch und soll zumindest von einem Referenzpathologen gegengelesen werden. Molekulare Analysen gehören heutzutage zur Standard-Initialabklärung, können aber nicht überall angeboten respektive interpretiert werden. Eine initiale Aufarbeitung in einer Abklärungseinheit mit Referenzpathologen hilft zudem auch, für den Patienten unnötige Verzögerungen in der Erstellung der Diagnose zu verhindern. Ist die Malignität eines Befundes bestätigt, soll eine «Staging»-Untersuchung durchgeführt werden, um eine Metastasierung in die Lungen (mittels Computertomografie) oder aber Knochen (Skelettszintigrafie, PET-CT oder Ganzkörper-MRI) auszuschliessen.

Neo-adjuvante Behandlung

Die neo-adjuvante Behandlung von Beckensarkomen richtet sich nach der Biologie des Tumors [12].

Chondrosarkome sind in der Regel strahlen- und chemotherapieresistent, und die Chirurgie bleibt die Therapie der Wahl, eine (neo-)adjuvante Therapie ist nicht notwendig. Patienten mit Ewing's Sarkomen unterziehen sich in der Regel einer Kombinationstherapie, beginnend mit einer präoperativen VIDE Induktionstherapie (<https://sarcoma.surgery/pdf/ewing-sarkom>) über ca 16 Wochen, gefolgt von der Operation sowie anschliessend acht VAC Zyklen über weitere 23 Wochen. Die Indikation zur begleitenden Strahlentherapie unterzieht sich einem Wandel, in dem zunehmend nun auch bei R0 Resektionen eine solche durchgeführt wird [11].

Patienten mit Osteosarkom werden ebenfalls mittels Kombinationstherapie behandelt. Die Induktionschemotherapie schliesst Adriamycin, Cisplatin, Ifosfamid und hoch-dosiertes Methothrexat ein, gemäss dem Studienprotokoll nach EURAMOS, wobei die Therapiefortführung nach der Operation risikoadaptiert erfolgt. Chordome sind häufig lokal fortgeschritten, und historisch beruhte die Behandlung entweder auf Chirurgie oder aber in Kombination mit Strahlentherapie. Particle-ion Strahlentherapie kann eine effektive Alternative bilden zur chirurgischen Resektion, obwohl keine robusten und vergleichenden Studien vorliegen. Systemische Behandlungen wie z.B. Tyrosinkinase-Inhibitoren werden geprüft [12].

Resektionstypen

Die chirurgische Therapie bildet den Hauptpfeiler der Behandlung von primären malignen Beckentumoren in kurativer Absicht. Das Ausmass einer chirurgischen Resektion am Becken richtet sich nach der anatomischen Ausdehnung des Tumors und muss aufgrund der präoperativen MRI-Bildgebung definiert, geplant und durchgeführt werden. Das Ziel ist es, den Tumor unabhängig von der Biologie (auch z.B. für ein Chondrosarkom G1) mikroskopisch komplett zu entfernen mit adäquatem Sicherheitsabstand unter Berücksichtigung von anatomischen Barrieren (ohne dabei ein metrisches Mass zu definieren).

Chirurgische Resektionen am Becken – oder im Fachausdruck auch Hemipelvektomien genannt – werden in interne und externe Hemipelvektomien unterteilt. Bei der letzteren wird die dazugehörige Extremität mitentfernt, eine sog. «Hindquarter»-Amputation. Betreffend Indikation muss die Tumordinfiltration von

TAKE-HOME-MESSAGES

- **Knochensarkome des Beckens sind selten, die Prognose im Vergleich zu Knochensarkomen der Extremitäten ist schlechter.**
- **Die Abklärung und Behandlung von Patienten mit Knochensarkomen am Becken erfordern ein hohes Mass an Interdisziplinarität und Koordination.**
- **Die Chirurgie stellt den Hauptpfeiler der Therapie dar, insbesondere bei lokalisierter Erkrankung.**
- **Durch den überregionalen respektive internationalen Austausch von Daten- und Expertenwissen kann die Erkrankung besser verstanden werden.**

Hüftgelenk, von Nervenstrukturen (N. ischiadicus) sowie von vaskulären Strukturen (A.V.iliaca communis und Äste) beurteilt werden. Müssen mindestens zwei von den drei erwähnten Strukturen aufgrund der Tumordinfiltration reseziert werden, wird in der Regel eine externe Hemipelvektomie in Betracht gezogen. Partielle Beckenresektionen mit Erhalt der unteren Extremität nennen wir interne Hemipelvektomien. Diese werden nach Enneking in vier Typen unterteilt, wobei diverse Kombinationen möglich sind (**Abb. 1**). Typ I Resektionen können mit oder ohne Unterbruch des Beckenringes durchgeführt werden, und reichen vom SI-Gelenk bis zum Acetabulum. Typ II Resektionen beziehen sich aufs Acetabulum, und Typ III Resektionen aufs Pubis. Sie können je nach Tumorausdehnung partiell oder komplett erfolgen. Beckensarkome können das SI-Gelenk überschreiten, so dass eine Typ I-IV Resektion durchgeführt werden muss, oder bei Infiltration des Acetabulums oder Pubis eine Typ I-II, Typ II-III oder Typ I-II-III Resektion. Bei Resektionen des Sakrums (Typ IV Resektionen) muss vor allem die proximale Tumorausdehnung auf der Bildgebung erfasst werden. Das Niveau der Osteotomie richtet sich dann nach der Beziehung des Tumors zu den Nervenwurzeln, die maximal mit adäquatem Sicherheitsabstand erhalten werden können. Je nach Tumorausdehnung muss eine Mitresektion des Iliums in Betracht gezogen werden (Typ IV-I Resektion).

Resektionen am Becken sind anatomisch komplex, weswegen für die Operationen häufig entweder Navigation oder aber patientenspezifische Schnitt-Implantate (PSI) zu Hilfe genommen werden [15,16]. Damit können die Schnittführungen Millimeter genau nach vorausgehender 3D-Planung durchgeführt werden.

Ostéosarcome

Traitement des tumeurs osseuses primaires du bassin

- Les ostéosarcomes du bassin sont rares, le pronostic est moins bon comparativement aux ostéosarcomes des extrémités.
- L'évaluation et le traitement des patients atteints d'ostéosarcome du bassin nécessitent beaucoup d'interdisciplinarité et de coordination.
- La chirurgie constitue le pilier principal de la thérapie, en particulier en cas d'atteinte localisée.
- La maladie peut être mieux comprise du fait de l'échange suprarégional ou international des données et des connaissances des experts.

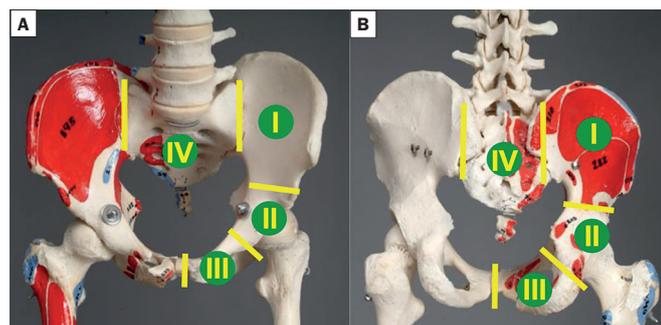


Abb. 1: **A)** zeigt das Becken von vorne, **B)** von dorsal. Die Resektionstypen I – IV nach Enneking sind eingezeichnet

Rekonstruktionen

Externe Hemipelvektomien benötigen in der Regel keine ossären Rekonstruktionen. Falls sich eine sekundäre Skoliose entwickelt, verbunden mit klinischer Symptomatik, kann eine Stabilisierung des lumbopelvinen Überganges in Erwägung gezogen werden. Die Weichteile werden häufig mit einem glutealen Weichteillappen gedeckt. Selbst wenn die A.V. iliaca interna aufgrund der Tumorausdehnung ligiert werden müssen, ist die Durchblutung dieses Lappens in der Regel gewährleistet. Alternativ kann auch auf das Omentum majus als vaskularisierter Weichteillappen zurückgegriffen werden. Bei einer Tumorausdehnung nach gluteal extrapelvin wird für die Weichteildeckung der anteriore Weichteillappen der Quadricepsmuskulatur bevorzugt, basierend auf den femoralen Gefässen.

Bei internen Hemipelvektomien richtet sich die Art der Rekonstruktion nach dem Ausmass der Resektion. Die Rekonstruktion selber muss Patienten bezogen individualisiert werden, und ist von vielen anderen Faktoren abhängig wie z.B. vom Alter des Patienten oder dem Vorhandensein von Metastasen.

Bei einer Typ I Resektion muss keine Rekonstruktion erfolgen, solange der Beckenring erhalten bleibt. Falls die ossäre Brücke über dem Foramen ischiadicum majus zu schwach ist, kann ein Allograft oder aber Autograft vom restlichen Becken verwendet werden zur Verstärkung. Falls die Kontinuität unterbrochen wird, soll wenn immer möglich eine Rekonstruktion erfolgen. Dabei ist es das Ziel, durch Pedikelschrauben (lumbal und sakral sowie in den vorderen und hinteren Pfeiler) und Stangen eine sofortige mechanische Stabilität zu erreichen, und zusätzlich durch Einbringen eines (nicht-)vaskularisierten Fibula-Autograft oder aber Allograft eine biologische, langfristige Stabilität zu erreichen, so dass eine normale Funktion resultieren kann [7].

Bei Typ-II-Resektionen soll wenn möglich eine Rekonstruktion erfolgen, um die Kontinuität des Beckenringes wiederherzustellen und dadurch die Stabilität des Beckens und die Funktion des Hüftgelenkes zu verbessern. Hierfür stehen verschiedene Optionen zur Rekonstruktion zur Verfügung, deren Wahl abhängig ist u.a. vom lokalen Resektionsausmass. «Off-the-shelf»-Prothesen können verwendet werden, solange

genügend Knochen am Ilium vorhanden ist, die eine sichere Verankerung erlauben. Alternativ stehen «Custom-made»-prothetische Möglichkeiten zur Verfügung, wo die Implantatfirma basierend auf einem Computertomogramm das prothetische Implantat 3D printet, um so die Patienten spezifische Anatomie wiederzugeben. Alternativ kann «Trabecular»-Metall verwendet werden, wo intraoperativ der fehlende Knochenanteil aufgebaut werden kann, um so eine Prothese einbauen zu können. Alternativ zur prothetischen Rekonstruktion kann ein «Bulk»-Allograft im Sinne eines Allograft-Prothesen-Composites verwendet werden. Aufgrund der doch beträchtlichen Komplikationsrate wird diese Option heutzutage weniger häufig verwendet. Als weitere aber sehr spezifische Option wird der pasteurisierte Autograft verwendet. Sobald die Resektion komplettiert ist, wird der Tumor kürettiert und das makroskopisch tumorfreie Präparat extrakorporal mit 50–90 Gy bestrahlt, optional mit Zement augmentiert und wieder beim Patienten eingesetzt [8].

Typ III Resektionen am Becken können entweder unilateral oder aber bilateral erfolgen. Erstere werden weiter unterteilt in komplett und inkomplett, in Abhängigkeit, ob der Beckenring in Kontinuität erhalten wird oder nicht. Eine Rekonstruktion ist in allen Situationen nicht notwendig.

Typ IV Resektionen betreffen das Sakrum, wobei das Niveau der Osteotomie sich auf den entsprechenden Sakralwirbel respektive der dazugehörigen Nervenwurzel bezieht. Distal von S2-S3 wird in der Regel nur von dorsal operiert, bei proximaler Lage der Osteotomie empfiehlt sich, von anterior und posterior kombiniert zuzugehen. Eine ossäre Rekonstruktion ist nur notwendig, wenn der erste Sakralwirbel nicht komplett erhalten werden kann [6]. Eine Resektion distal von S3 zeigt in der Regel keine funktionellen Ausfälle, wohingegen Resektionen inklusiv der S2 Nervenwurzeln zu einer bleibenden Beeinträchtigung von Blasen- und Darmentleerungen führen kann, was sehr beeinträchtigend ist für den Patienten. Leider zeigten Rekonstruktionen dieser Nervenwurzeln keinen funktionellen Gewinn. Häufig sind bei diesen Operationen jedoch Wundheilungsstörungen zu beobachten. Die Indikation zur Weichteilrekonstruktion soll deswegen grosszügig gestellt werden, wie zB. glutealer Verschiebelappen, ein lumbaler Perforator-Lappen, oder aber ein transabdominaler VRAM Lappen. Häufig sind die Tumoren am Becken aber relativ gross und nehmen mehrere der oben genannten Zonen ein, sodass eine Kombination von Resektionstypen erforderlich ist.

Bei einer Typ I-IV (oder IV-I) Resektion können die Rekonstruktionen analog zu den Typ I Resektionen durchgeführt werden.

Bei Typ I-II (oder II-I) Resektionen muss individuell entschieden werden, die Rekonstruktionen sind analog wie unter Typ I Resektionen aufgeführt. Der kritische Punkt jedoch ist die Lage der Osteotomie am Sakroiliacalgelenk. Obwohl durch CT-basiertes 3D-printing jeder Defekt durch eine «Custom-made»-Prothese anatomisch genau versorgt werden kann, ist bei vertikaler Osteotomie aus mechanischen Gründen eine Stabilität langfristig praktisch nicht zu erreichen

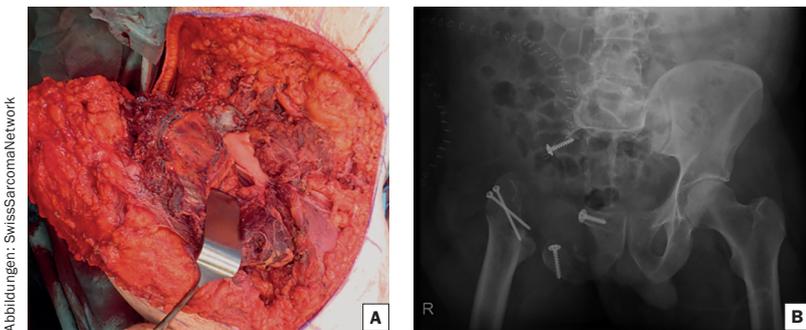


Abb. 2: **A)** zeigt den intraoperativen Situs mit den Trevisa Bändern, welche vertikal vom Sacrum über den Femurkopf gespannt werden, sowie horizontal vom Pubis zum Ischium, um eine Art Aufhängung zu erzielen; **B)** zeigt das postoperative Röntgenbild.

Tab. 1	Resektion/Rekonstruktion
Externe Hemipelvektomie	
<ul style="list-style-type: none"> – Resektion: «Hindquarter»-Amputation – Rekonstruktion: Ossär: keine Rekonstruktion, optional sekundäre lumbopelvine Stabilisation; – Weichteil: glutealer posteriorer flap, quadriceps anteriorer flap 	
Interne Hemipelvektomie	
<i>Typ I Resektion</i>	
<ul style="list-style-type: none"> – Kontinuität des Iliums erhalten: Keine Rekonstruktion erforderlich – Kontinuität des Iliums unterbrochen: Pedikelschrauben und Stangen – ossäre Brücke über dem Foramen ischiadicum majus zu schwach: evtl. Augmentation mit Allograft 	
<i>Typ II Resektion (partiell/Kontinuität erhalten; komplett/Kontinuität unterbrochen)</i>	
Falls möglich, Rekonstruktion, um Kontinuität des Beckenringes wiederherzustellen:	
→ Prothese:	
<ul style="list-style-type: none"> – «Off the shelf» – «Custom-made» – «Trabecular»-Metall – 3D printed pelvic endoprosthesis 	
→ «Bulk»-Allograft	
→ pasteurisierter Autograft	
<i>Typ III Resektion (unilateral inkomplett oder komplett; bilateral)</i>	
<ul style="list-style-type: none"> – Kontinuität muss nicht hergestellt werden – Rekonstruktion: nicht notwendig 	
<i>Typ IV Resektion (proximal S1–S2, distal S1–S2)</i>	
– Ossäre Rekonstruktion nur, falls 1. Sakralwirbel nicht komplett erhalten werden kann [6]	
Kombinationen von internen Hemipelvektomien	
<i>Typ I–IV Resektion</i>	
– Rekonstruktion analog zu Typ I Resektion möglich	
<i>Typ I–II Resektion</i>	
<ul style="list-style-type: none"> – Rekonstruktion analog zu Typ I Resektion; bei ausgedehnten Defekten: «flail hip», Friedmann-Eilber, suspension 	
<i>Typ II–III Resektion</i>	
– Rekonstruktion analog zu Typ II Resektion	
<i>Typ I–II–III Resektion</i>	
– Rekonstruktion wie unter Typ II-III Resektion erwähnt	
Exenteration	
<ul style="list-style-type: none"> – Exenteration von anterior: komplette, bilaterale Typ III Resektion – Exenteration von posterior: Typ IV Resektion 	

und ein Implantatversagen die Regel. Bei ausgedehnten Defekten wird deswegen häufig eine «flail hip» oder sogenannte Friedmann-Eilber Resektionsarthroplastik [10] angewandt. Eine Modifikation ist die Verwendung von zwei Trevira tubes, wobei der erste vom Femur zum Sakrum fixiert wird, und ein zweiter eine Schlinge um diesen bildet, vom Ramus superior pubis zum Ischium ziehend, sodass eine Suspension resultiert (**Abb. 2**).

- Die *Typ II-III (oder III-II) Resektionen* werden rekonstruiert analog zu den Typ II Resektionen.
- Die *Typ I-II-III Resektionen* werden rekonstruiert wie unter Typ II-III Resektionen erwähnt.

Eine Sonderstellung nehmen die Exenterationen ein. Die *posteriore Exenteration* erfolgt in der Regel zuerst von anterior durch eine Laparotomie und Präparation des Tumor intra- und/oder retroperitoneal, um den Patienten dann umzulagern und von dorsal mittels

Sakrektomie zu komplettieren. Die anteriore Exenteration beginnt ebenfalls mit einer Laparotomie und Präparation des Tumors, um dann die Beckenstrombahn nach extrapelvin darzustellen, um so durch bilaterale Symphysektomie (oder Typ III-Resektion) zu komplettieren.

Chirurgische Herausforderungen und Outcome

Chirurgische Resektionen am Becken sind anspruchsvoll und erfordern ein grosses Verständnis in der Planung sowie eine optimale interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Umsetzung. Es gilt der Grundsatz, dass je grösser der Sicherheitsabstand ist, desto grösser die potenzielle Tumorkontrolle und desto grösser potenziell die funktionellen Einbussen. Zudem können die Sicherheitsabstände nicht wie üblich in den Extremitäten definiert werden, da es keine entsprechenden Kompartimente gibt. Betreffend Funktion muss berücksichtigt werden, dass eine Rekonstruktion des Beckenrings nicht zwangsläufig zu einer guten Funktion führen muss. Denn eine Resektion der Abduktoren-Muskulatur oder einer Nervenwurzel respektive Hauptnerven kann zu erheblichen funktionellen Einbussen führen.

Patienten mit *Osteosarkom* am Becken haben eine relative schlechte Prognose mit einem 5-Jahresüberleben von etwa 40% [5]. Interessanterweise wird der Wert der neoadjuvanten Chemotherapie sogar in Frage gestellt [13]. Patienten mit Ewing's Sarkom am Becken erreichen ein 5-Jahresüberleben von 37% [9]. Bei Patienten mit Chondrosarkom ist das Überleben direkt korreliert mit dem Grading. Die Sterberate beträgt bei G1 3%, bei G2 33% und bei G3 54%, wobei nebst dem Grading die Sicherheitsabstände der Resektion und die Grösse der Tumore direkt negativ korrelieren [3]. Derselbe Zusammenhang gilt auch für Patienten mit sakralen Chordomen, wobei die 5-Jahresüberlebensrate 74% beträgt [4].

Ausblick

Trotz maximaler Kombinationstherapie sind die Sarkome des Beckens weiterhin mit einer schlechten Prognose assoziiert. Die Chirurgie bildet den Hauptpfeiler für lokalisierte Erkrankungen, und die inkomplette Tumorsektion korreliert mit schlechter Tumorkontrolle, was häufig zum Tod führt. Um diese Erkrankungen besser zu verstehen, müssen wir uns lokal sowie national und international besser interdisziplinär austauschen. Dies erfordert eine Lösung vom klassischen Denken in Disziplinen (sogenannte «Disziplinenzentrierte Medizin»), hin zur «Problemzentrierten Medizin», um unsere Patienten optimal zu behandeln. Ein Ansatz hierfür bildet das SwissSarcomaNetwork (www.swiss-sarcoma.net).

Literatur:

1. Barrientos-Ruiz I, et al.: Are Biopsy Tracts a Concern for Seeding and Local Recurrence in Sarcomas? *Clin Orthop Relat Res* 2017; 475: 511–518.
2. Berger-Richardson D, Swallow CJ: Needle tract seeding after percutaneous biopsy of sarcoma: Risk/benefit considerations. *Cancer* 2017; 123: 560–567.
3. Bus MPA, et al.: Conventional Primary Central Chondrosarcoma of the Pelvis: Prognostic Factors and Outcome of Surgical Treatment in 162 Patients. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 2018; 100: 316–325.
4. Fuchs B, et al.: Operative management of sacral chordoma. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87: 2211–2216.
5. Fuchs B, et al.: Osteosarcoma of the pelvis: outcome analysis of surgical treatment. *Clin Orthop Relat Res.* 2009; 467: 510–518.
6. Hugate RR, et al.: Mechanical effects of partial sacrectomy: when is reconstruction necessary? *Clin Orthop Relat Res* 2006; 450: 82–88.
7. Krieg AH, Hefti F: Reconstruction with non-vascularised fibular grafts after resection of bone tumours. *J Bone Joint Surg Br* 2007; 89: 215–221.
8. Krieg AH, Mani M, Speth BM, Stalley PD: Extracorporeal irradiation for pelvic reconstruction in Ewing's sarcoma. *J Bone Joint Surg Br* 2009; 91: 395–400.
9. Laitinen M, et al.: Outcome of Pelvic Bone Sarcomas in Children. *J Pediatr Orthop.* 2016.
10. Schwartz AJ, et al.: The Friedman-Eilber Resection Arthroplasty of the Pelvis. *Clin Orthop Relat Res* 2009; 467: 2825–2830.
11. Whelan J, et al.: Survival is influenced by approaches. *Clin Sarcoma Res.* 2018;1–13.
12. Whelan JS, Davis LE: Osteosarcoma, Chondrosarcoma, and Chordoma. *Journal of Clinical Oncology* 2018; 36: 188–193.
13. Xu J, Xie L, Guo W: Neoadjuvant Chemotherapy Followed by Delayed Surgery. *Clin Orthop Relat Res* 2018: 1.
14. Fuchs B, et al.: Prätherapeutische Abklärung und Strategie-Festlegung bei Patienten mit Knochen- und Weichteiltumoren. *Luzerner Arzt* 2017; 109: 1–5.
15. Jentzsch T, et al.: Tumor resection at the pelvis using three-dimensional planning and patient-specific instruments: a case series. *World J Surg Oncol* 2016 14(1): 249.
16. Sternheim A, et al.: Cone-beam computed tomography-guided navigation in complex osteotomies improves accuracy at all competence levels: a study assessing accuracy and reproducibility of joint-sparing bone cuts. *J Bone Joint Surg Am* 2018: 100 (10).

medizinonline



> Fortbildungsfragen zu Knochentumoren