

# CAS CLINIQUE

## INFLUENCE DE L'ÂGE, DU POTENTIEL DE CROISSANCE ET DE LA FONCTIONNALITÉ DANS LA PRISE EN CHARGE DES TUMEURS OSSEUSES DE L'ENFANT : EXEMPLE DE LA PLASTIE DE ROTATION

LEJEUNE G (1), CHANTRAIN C (2), DOCQUIER PL (3)

**RÉSUMÉ :** Les tumeurs malignes osseuses de l'enfant sont des pathologies rares dont la survie s'est progressivement améliorée au cours des dernières années grâce aux progrès médicaux, chirurgicaux et radiothérapeutiques. Nous présentons le cas particulier d'une très jeune enfant atteinte d'un sarcome d'Ewing de la cuisse. Nous discutons de l'influence de ce jeune âge sur la prise en charge à court et à long termes. L'immaturité squelettique et le potentiel de croissance résiduelle des membres doivent être intégrés pour définir l'attitude la plus sûre sur le plan oncologique et la plus fonctionnelle. À cette fin, nous résumons les différentes options reconstructives possibles. Nous décrivons la plastie de rotation de Van Nes qui a été proposée à notre patiente et nous détaillerons les enjeux relatifs au bien-être fonctionnel et à l'image de soi.

**MOTS-CLÉS :** *Sarcome d'Ewing - Immaturité squelettique - Fémur - Options thérapeutiques - Plastie de retournement de Van Nes*

**INFLUENCE OF AGE, GROWTH POTENTIAL AND FUNCTIONALITY IN THE MANAGEMENT OF BONE TUMOURS IN CHILDREN : EXAMPLE OF THE ROTATIONPLASTY**

**SUMMARY :** Malignant bone tumours in children are rare diseases whose survival rate has progressively improved in recent years thanks to advances in pharmacology, surgery and radiotherapy. We present the particular case of a very young child with Ewing's sarcoma of the thigh. We discuss the influence of this young age on short and long term care. Limb skeletal immaturity and the residual growth potential need to be integrated to define the safest oncological and functional strategy. For this purpose, we summarize the different possible reconstructive options. We describe the Van Nes rotationplasty that was proposed in our patient's case and we will detail the issues in terms of functional well-being and self-image.

**KEYWORDS :** *Ewing sarcoma - Skeletal immaturity - Femur - Treatment options - Van Nes rotationplasty*

### INTRODUCTION

Le sarcome d'Ewing représente la deuxième tumeur osseuse primaire maligne de l'enfant et l'adolescent après l'ostéosarcome. Il reste toutefois une maladie rare avec une incidence rapportée de 2,9/1.000.000 (1). Le ratio homme : femme est de 1,4 : 1. On note une prépondérance dans la population caucasienne alors que cette tumeur reste rare chez les Asiatiques et les Africains. Les sites de localisation les plus fréquemment retrouvés sont le pelvis (jusqu'à 25 % des cas) et les extrémités, et plus majoritairement les os longs (fémur et humérus) (2). Néanmoins, 15 % de ces tumeurs peuvent survenir dans des localisations extra-osseuses. Cette observation, ainsi que certaines caractéristiques génétiques et histologiques, a mené la littérature récente à parler de la « famille des

tumeurs du sarcome d'Ewing » plutôt que d'une entité unique (3). Il est estimé que 25 % des patients présentent des métastases lors du diagnostic initial. Notons toutefois qu'avant l'avènement des traitements par chimiothérapie, seuls 10 % des patients avec une maladie locale survivaient malgré une résection en marge saine, suggérant ainsi l'existence de micro-métastases même en cas de bilan d'extension négatif. Rappelons que le pic d'incidence pour le sarcome d'Ewing se situe à 4/1.000.000 aux alentours de 15 ans, les cas avant 4 ans étant beaucoup plus rares. Les incidences rapportées les estiment à moins de 0,5/1.000.000 (4). Les cas avec un potentiel de croissance résiduel maximal sont donc assez exceptionnels. De nos jours, on atteint des taux de survie de l'ordre de 65 à 75 % à 5 ans en cas de maladie localisée et 50 % en cas de métastases uniquement pulmonaires. Malheureusement, les taux de survie en cas d'autres localisations métastatiques restent inférieurs à 30 % (1, 5).

La recherche génétique, qui a permis d'identifier le gène de fusion EWS/ETS survenant après une translocation sur le chromosome 22 (le plus fréquemment t(11;22)(q24;q12)), et la compréhension grandissante des mécanismes sous-jacents amènent une lueur d'espoir quant au développement de stratégies ciblées dans le

(1) Service de Chirurgie orthopédique, CHU Liège, Belgique.

(2) Service d'Hémo-Oncologie pédiatrique, CHC MontLégia, Liège, Belgique.

(3) Service d'Orthopédie, Cliniques Universitaires Saint-Luc, Bruxelles, Belgique.

futur qui pourront éventuellement augmenter les chances de survie (3, 5). Actuellement, plusieurs protocoles thérapeutiques expérimentaux sont à l'essai, alliant, dans la majorité des cas, une chimiothérapie multimodale néo-adjuvante suivie d'une résection chirurgicale de la tumeur, ou d'une radiothérapie ciblée en cas de résection impossible et, enfin, une seconde chimiothérapie multimodale adjuvante. Dans la majorité des cas, les traitements durent entre 10 et 12 mois et font appel à des combinaisons des produits suivants : doxorubicine, cyclophosphamide, ifosfamide, vincristine, dactinomycine et étoposide (2, 5). L'exérèse chirurgicale de la tumeur reste une pierre angulaire de la prise en charge des sarcomes d'Ewing. Ce geste doit permettre une résection tumorale complète avec marges saines mais également garantir une reconstruction la plus fonctionnelle possible. Ces aspects sont d'autant plus importants et complexes chez les jeunes enfants avec un potentiel de croissance encore élevé. Nous illustrons ces difficultés à travers le cas d'une enfant de 22 mois avec un diagnostic de sarcome d'Ewing de la cuisse gauche.

## PRÉSENTATION DU CAS

Les parents sollicitent une consultation suite à la persistance d'un gonflement de la cuisse gauche depuis 7 mois, en aggravation avec le temps. Ils notent que leur fille de 22 mois, caucasienne, marche sur la pointe des pieds depuis lors. À l'examen clinique, le médecin note un gonflement induré de la partie distale de la cuisse gauche, douloureux à la palpation. Le bilan sanguin met en évidence un petit syndrome inflammatoire (C-réactive protéine (CRP) à 16,4 mg/L), sans accroissement du taux de lactate déshydrogénase (LDH). L'échographie et la radiographie du membre concerné mettent en évidence un processus expansif agressif intéressant la diaphyse, la métaphyse, la région condylienne externe, comprimant les tissus mous et entraînant des lacunes et une réaction périostée en spicule (Figure 1). Au vu de ces éléments, le bilan est rapidement complété par un scanner du fémur, une imagerie par résonance magnétique (IRM) (Figure 2), une radiographie des poumons ainsi qu'une tomographie à émission de positons (PET-scan) qui préciseront les dimensions et les caractéristiques de la masse : 79 mm dans l'axe céphalo-caudal, 50 mm en antéro-postérieur, 30 mm en transverse avec un bilan d'extension négatif. Une biopsie chirurgicale est ensuite réalisée afin d'obtenir un diagnostic anatomopathologique. Ce dernier

**Figure 1. Radiographie du fémur gauche réalisée lors du bilan initial**



Déformation de l'os avec une image d'allure lacunaire intra-corticale, un aspect perméatif et ostéolytique hétérogène de la région supra-condylienne externe, des réactions périostées en spicules et un effet de masse au niveau des tissus mous.

conclut en faveur d'un sarcome d'Ewing vu la morphologie et l'histologie cellulaire, la positivité du marquage immunohistochimique par CD99 et la détection par une étude par «Fluorescence In Situ Hybridization» (FISH) du gène EWQR1 (22q12), réarrangé dans 75 % des noyaux observés.

Le cas est donc discuté en Concertation Multidisciplinaire Oncologique (CMO) où il est décidé d'inclure la patiente dans le protocole Euro Ewing 2012 (6). Préalablement, on procède à une cryoconservation ovarienne et à la mise en place d'un Port-à-Cath. Après 6 cures de type «Vincristine, Ifosfamide, Doxorubicine, Etoposide» (VIDE) et un bilan par imagerie préopératoire favorable, la patiente est envoyée dans un centre de référence pour la prise en charge

**Figure 2.** IRM T2 du fémur gauche en coupe coronale (A) et transversale (B) lors du bilan initial



Démonstration d'une lésion expansive développée principalement aux dépens des tissus mous situés latéralement par rapport à la moitié inférieure de la diaphyse fémorale gauche. Importante réaction périostée pathologique, entraprise osseuse métaphysaire distale externe. Zone lacunaire intra-diaphysaire possiblement nécrotique ou abcédée.

chirurgicale. La décision est prise de procéder à une plastie de retournement de Van Nes/Borggreve. Les marges chirurgicales seront déclarées exemptes de tout envahissement (marges R0) et la pièce de résection démontrera une nécrose à 100 % de la masse, confortant ainsi un bon pronostic. Dans les semaines qui suivent, au vu des suites opératoires favorables, on débute une chimiothérapie par Vincristine, Actinomycine D, Cyclophosphamide (VAC) pour un total de 8 cures. Le parcours thérapeutique aura été marqué par la nécessité d'une alimentation par sonde de gastrostomie, d'aplasies fréquentes, atténuées par le recours à des facteurs de croissance de type «Granulocyte Colony-Stimulating Factor» (G-CSF), et une tubulopla-

thie rénale sur chimiothérapie. Pour autant, la patiente a finalisé ses cures de chimiothérapie, est en rémission complète au dernier bilan et a retrouvé une bonne fonctionnalité du membre. La cicatrice est propre et souple, la flexion plantaire de cheville est complète permettant une extension complète du pseudo-genou et sa flexion à 100° à 7 mois de l'intervention. L'enfant est capable de marcher avec l'utilisation de prothèses appropriées.

## DISCUSSION

La chirurgie des tumeurs osseuses au niveau des membres est caractérisée par deux volets (7, 8) : le premier est relatif à l'excision complète et en marge saine de la masse tumorale, le second concerne un rétablissement aussi complet que possible de la fonctionnalité et de l'intégrité du membre. Ces deux aspects essentiels sont, néanmoins, fréquemment en opposition, compliquant encore plus la tâche de l'opérateur. Dans les cas les plus extrêmes, les exigences oncologiques mèneront à une solution sacrifiant l'intégrité du membre : l'amputation. Si cette dernière peut paraître extrêmement mutilante, l'utilisation de prothèse adaptée permet la récupération rapide de la fonctionnalité. La difficulté dans le cas présent est qu'à ces impératifs se rajoute le contexte d'immaturité squelettique lié au très jeune âge de la patiente. En effet, vu l'envahissement tumoral constaté lors des examens d'imagerie, l'excision chirurgicale a malheureusement dû emporter la plaque de croissance épiphysaire fémorale distale pour obtenir des marges de sécurité suffisantes. Cette dernière, comme l'ont décrit Anderson et coll. (9) dans le suivi de 100 enfants au cours de 8 années pendant leur croissance, participe à 71 % de la croissance totale du fémur. Comme celui-ci est d'une taille moyenne de 22 cm à 2 ans et atteint environ 45 cm à 20 ans (10), on peut estimer une perte moyenne de  $(45-22) \times 0,71 = 16,3$  cm à laquelle il faudra palier. Cette contrainte importante ainsi que la résection articulaire réduisent les stratégies chirurgicales disponibles chez les très jeunes patients (7, 8, 11). L'autogreffe avec préservation de la vascularisation épiphysaire peut apporter une solution pour la croissance, mais pas pour la localisation intra-articulaire. De plus, elle est techniquement difficile à réaliser et grevée d'un taux de complications important (12). L'allogreffe satisfait à l'impératif articulaire mais, étant constituée d'os dépourvu de tout substrat biologique vivant, elle n'aura aucun potentiel de croissance. Il en va de

même en cas de réimplantation après irradiation extracorporelle de l'os envahi.

Dès lors, les seules options permettant, dans le cas présent, de conserver entièrement ou partiellement le membre et de respecter la croissance et ce, sans sacrifier la fonctionnalité, sont les endoprothèses expansibles et la plastie de retournement. Plusieurs facteurs ont conduit à opter, finalement, pour une intervention de Van Nes. Premièrement, l'utilisation d'une endoprothèse chez un enfant aussi jeune peut se heurter à plusieurs écueils techniques dont l'indisponibilité d'une prothèse de petite taille au moment de l'opération qui, par la suite, devrait fournir un allongement suffisant tout en gardant sa solidité. En outre, la taille réduite de la cavité médullaire dans la population pédiatrique rend parfois impossible l'introduction de la tige prothétique. Deuxièmement, il faut tenir compte du nombre d'allongements nécessaires chez un enfant aussi jeune. Troisièmement, il y a la nécessité d'avoir de bons tissus de soutien au pourtour de la prothèse pour favoriser la stabilité et éviter des nécroses cutanées. Cette contrainte est néanmoins surmontable par l'utilisation de lambeaux musculo-cutanés. Quatrièmement, le taux de complications important associé aux endoprothèses est estimé à 29,2 % par Groundland et coll. (13) au niveau du fémur distal dans la population pédiatrique. Quelques études concernant les endoprothèses expansibles sur de petits nombres de cas soulignent des incidences comparables (14). Notons que, malgré l'arrivée, depuis quelques années, d'endoprothèses avec un mécanisme d'allongement non invasif, peu d'améliorations sont constatées (15). Finalement, n'omettons pas de mentionner qu'avec une endoprothèse, les activités physiques de l'enfant seront réduites tout au long de sa vie, surtout en ce qui concerne les sports à haut impact afin de minimiser les risques fracturaires et de descellement (7, 8, 11).

Les éléments susmentionnés à propos des endoprothèses expansibles ainsi que ceux qui seront discutés par la suite concernant l'intervention de Van Nes/Borggreve ont, à des degrés divers, influencé la décision de la CMO d'opter pour la plastie de retournement. Initialement décrite par Borggreve afin de traiter une ostéomyélite tuberculeuse (16), Van Nes la détournera dans le but de traiter les anomalies congénitales du fémur (17). Ce n'est qu'au début des années 1980 qu'elle sera utilisée pour la première fois dans le cadre de sarcomes (18).

Le principe de l'opération (19) est de placer la cheville au niveau du fémur distal après une rotation de 180° dans le plan transversal. On peut ainsi se servir de l'articulation tibio-astra-

galienne comme nouveau genou fonctionnel. Après quelques séances de physiothérapie, la dorsiflexion de la cheville permettra de remplacer efficacement la flexion du genou. Un grand avantage opératoire est de pouvoir réaliser un geste mimant une amputation au-dessus du genou, permettant donc de larges marges de résection, qui, après reconstruction, possède une fonctionnalité similaire, voire supérieure, à une amputation en dessous du genou. La seule structure anatomique qui doit obligatoirement être préservée est le paquet nerveux contenant le nerf sciatique (Figure 3). Son envahissement est donc une contre-indication absolue pour réaliser la plastie. Heureusement, dans notre cas, aucun envahissement tumoral n'était présent à ce niveau.

Un second grand avantage opératoire est de pouvoir tenir compte de la croissance de la patiente sans nouvelle intervention. En évaluant la croissance fémorale résiduelle, on arrive à estimer où se trouvera le genou sain en fin de croissance. Sachant que l'épiphyse tibiale distale a été réimplantée de manière intacte au niveau de l'extrémité distale du fémur atteint, on peut soustraire sa croissance de celle attendue pour un fémur sain. Le différentiel résiduel sera la longueur qu'il faudra ajouter initialement lors de la reconstruction. Dès lors, la tibio-astragaliennse se retrouvera dans un premier temps plus bas que le genou controlatéral, ce qui sera tout à fait compensable avec les prothèses. C'est au cours de la croissance que la différence de hauteur des articulations s'amenuisera pour disparaître une fois la maturité atteinte. Benedetti et coll. (20) ont mis en évidence qu'une hauteur similaire des deux articulations est importante

Figure 3. Photographie per-opératoire



Visualisation du fémur proximal conservé et du tibia distal, reliés par le paquet vasculo-nerveux après résection tumorale en marges R0.

pour garder un pattern de marche le plus physiologique possible conditionnant la bonne fonctionnalité du membre. Une plastie de Van Nes bien réalisée peut offrir une grande satisfaction en termes de qualité de vie, d'activité physique et de bien-être psychologique chez les patients, comme démontré par Veenstra et coll. (21). On remarque même chez Gradl et coll. (22) que les scores concernant la vitalité, le fonctionnement social et la santé mentale étaient significativement plus élevés chez les patients opérés en comparaison à la population allemande générale. Ces résultats peuvent réduire les craintes de certains quant aux possibles troubles psychologiques que l'apparence du membre pourrait entraîner. Il est également important de préparer l'enfant et ses parents en utilisant des supports imagés, des vidéos, voire une rencontre avec un patient ayant subi cette opération pour qu'ils puissent se rendre compte de l'aspect futur du membre. Quand l'entourage et la famille sont bien informés, il y a plus de chance d'obtenir un bon soutien social pour le patient, ce qui a été démontré comme influençant positivement la capacité de résilience (23). Sur le plan de l'activité physique et de la fonctionnalité, Hillmann et coll. (24) ont étudié 30 patients sur un tapis de course. Ils ont relevé des taux de consommation d'oxygène plus importants, un métabolisme avec des lactates 3 x plus élevés que la population générale, sans pour autant que les patients ne soient mis en difficulté lors des épreuves. La plupart d'entre eux pratiquaient des activités physiques régulièrement et, soulignons-le, dans des clubs classiques et non de handisport, ce qui suggère qu'ils ne se sentent pas limités après une plastie de retournement.

## CONCLUSION

Les avancées en matière de traitements oncologiques dirigent de plus en plus la chirurgie des tumeurs osseuses d'un paradigme uniquement carcinologique vers le recouvrement le plus optimal possible de la fonctionnalité et l'intégrité du membre. L'épidémiologie de ces affections, qui touchent souvent des enfants, explique l'ajout fréquent de la contrainte que constitue l'immatricité squelettique. Malgré l'avancée en matière d'endoprothèses, avec désormais des possibilités d'expansion non invasive, la plastie de retournement de Van Nes/Borggreve reste une alternative valable, parfois même supérieure. Si, dans certains cas comme celui de notre patiente, le choix n'est pas toujours possible à cause de la localisation tumorale, dans d'autres, le patient pourrait néanmoins la préférer à une

**Figure 4. IRM T2 post-opératoire**



On visualise le clou centromédullaire permettant de réaliser l'ostéosynthèse entre le tibia et la partie proximale résiduelle du fémur. En outre, on observe la différence de hauteur entre le genou du membre sain ainsi que l'articulation tibio-astragalienne du membre opéré.

**Figure 5. Radiographie à 20 mois post-opératoire**



On retrouve les structures osseuses et le matériel comme sur l'IRM de la Figure 3 avec, cette fois-ci, l'appareillage en plus en station debout.

**Figure 6 A-B. Aspect post-opératoire du membre à 10 mois**



Sur ces photos prises avec le consentement de la maman et l'autorisation d'utilisation dans le cadre de ce travail, on peut voir l'aspect du membre sans (A) et avec (B) la prothèse.

prothèse vu ses propriétés biomécaniques qui rendent possible le retour à des activités sportives de haut niveau. On voit donc toute l'importance d'une discussion préalable entre le chirurgien, l'oncologue et le patient quant à des attentes plutôt fonctionnelles ou d'intégrité du membre. Aujourd'hui, notre patiente, ainsi que ses parents, sont satisfaits du résultat obtenu (Figures 4-6).

Après son combat réussi contre le cancer, nous sommes ravis de la voir s'engager dans un avenir on ne peut plus mobile.

#### IMPLICATION CLINIQUE

Le cas exposé dans cet article met en évidence l'importance de prendre en considération le patient dans sa globalité pour la prise en charge des tumeurs osseuses du membre. Il faut veiller, certes, à éradiquer la néoplasie, mais également assurer une fonctionnalité au quotidien et préserver au maximum le potentiel de croissance quand on agit dans un contexte pédiatrique.

Plusieurs solutions sont présentes dans l'arsenal thérapeutique, chacune ayant ses avantages et ses inconvénients. Discuter avec l'enfant et ses parents de chaque solution permettra de prendre la décision adéquate.

Le traitement conditionnera le développement moteur, psychologique et social ainsi que la vie future du patient.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. Eisashvili N, Goodman M, Marcus R. Changes in incidence and survival of Ewing sarcoma patients over the past 3 decades. *J Pediatr Hematol Oncology* 2008;**30**:425-30.
2. The ESMO/European Sarcoma Networking Group. Bone sarcomas: ESMO clinical practice guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Ann Oncol* 2014;**25**:iii113–iii23.
3. Riggi N, Stamenkovic I. The biology of Ewing sarcoma. *Cancer Lett* 2007;**254**: 1-10.
4. National Cancer Registration and Analysis Service. Bone sarcomas: incidence and survival rates in England - NCIN Data Briefing. Disponible sur: [http://www.ncin.org.uk/publications/data\\_briefings/bone\\_sarcomas\\_incidence\\_and\\_survival](http://www.ncin.org.uk/publications/data_briefings/bone_sarcomas_incidence_and_survival) (Consulté le 3 février 2018).
5. Gaspar N, Hawkins D, Dirksen U, et al. Ewing sarcoma: current management and future approaches through collaboration. *J Clin Oncol* 2015;**33**:3036-46.
6. Euro Ewing Consortium. International randomised controlled trial for the treatment of newly diagnosed Ewing's sarcoma family of tumours - Euro Ewing 2012. Version 5.0. Birmingham: University of Birmingham; 2017. Disponible sur: <https://www.birmingham.ac.uk/Documents/college-mds/trials/crctu/ee2012/EE2012-Protocol-version-5.0-02Jun2017.pdf> (Consulté le 21 janvier 2018).
7. Puri A. (iii) Principles of surgical resection and reconstruction in bone tumors. *Orthopaedics and Trauma*. 2010;**24**:266-75.
8. Saminathan S, Healey N and J. Bone tumors. In: Coran AG, Adzick NS, Krummel TM, et al, editors. *Pediatric Surgery. Part III* (E-book). 7th ed. USA: Elsevier. 2012. 577-90.
9. Anderson M, William T, Messner MB. Growth and prediction of growth in the lower extremities. *J Bone Joint Surg Am* 1963;**45A**:1-14.
10. Beumer A, Lampe H, Swiestra B, et al. The straight line graph in limb length inequality a new design based on 182 Dutch children. *Acta Orthop Scand* 1997;**68**:355-60.
11. Levin A, Arkader A, Morris C. Reconstruction following tumors resections in skeletally immature patients. *J Am Acad Orthop Surg* 2017;**25**:204-13.

12. Hilven P, Bayliss L, Cosker T, et al. The vascularized fibular graft for limb salvage after bone tumour surgery a multicenter study. *Bone Joint J* 2015;**97-B**:853-61.
13. Groundland J, Ambler S, Houskamp D, et al. Surgical and functional outcomes after limb-preservation surgery for tumor in pediatric patients. *JBSJ Rev* 2016;**4**: e2.
14. Futani H, Minamizaki T, Nishimoto Y, et al. Long term follow-up after limb salvage in skelatally immature children with a primary malignant tumor of the distal end of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 2006;**88**:595-603.
15. Picardo N, Blunn G, Shekkeris A, et al. The medium-term results of the Stanmore non-invasive extendible endoprosthesis in the treatment of paediatric bone tumours. *J Bone Joint Surg Br* 2012;**94**:425-30.
16. Borggreve J. Kniegelenksersatz durch das in der Beinlängsachse um 180 gedrehte Fussgelenk. *Arch Orthop Unfall-Chir* 1930;**28**:175-8.
17. Van Nes CP. Rotation-plasty for congenital defects of the femur. Making use of the ankle of the shortened limb to control the knee joint of a prosthesis. *J Bone Joint Surg Br*.1950;**32-B**: 12-16.
18. Salzer M, Knahr K, Kotz R, Kristen H. Treatment of osteosarcomata of the distal femur by rotation-plasty. *Arch Orthop Trauma Surg* 1981;**99**:131-6.
19. Michiel A, van de Sande M, Vochteloo A, et al. Van Nes-Borggreve rotationplasty of the knee. In: Bentley G. editor. *European Surgical Orthopaedics and Traumatology (E-book)*. 1St ed. Berlin: Springer. 2014. 4136-4147. 4983p.
20. Benedetti M, Okita Y, Recubini E, et al. How much clinical and functional impairment do children treated with knee rotationplasty experience in adulthood ? *Clin Orthop Relat Res* 2016;**474**:995-1004.
21. Veenstra K, Sprangers M, Van Der Eyken J-W, Taminiau A. Quality of life in survivors with a Van Ness-Borggreve rotationplasty after bone tumour resection. *J Surg Oncol* 2000;**73**:192-7.
22. Gradl G, Postl L, Lenze U, et al. Long-term functional outcome and quality of life following rotationplasty for treatment of malignant tumors. *BMC Musculoskelet Disord* 2015;**16**:262-9.
23. Teall T, Barrera M, Barr R, et al. Psychological resilience in adolescent and young adult survivors of lower extremity bone tumors. *Pediatr Blood Cancer* 2013;**60**:1223-30.
24. Hillmann A, Weist R, Fromme A, et al. Sports activities and endurance capacity of bone tumor patients after rotationplasty. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;**88**:885-90.

Les demandes de tirés à part doivent être adressées au Dr Lejeune G, Service de Chirurgie orthopédique, CHU Liège, 4000 Liège, Belgique.  
Email : [glejeune@student.uliege.be](mailto:glejeune@student.uliege.be)