

Traitement chirurgical des tumeurs des os

P Vichard
E Gagneux

Résumé. – Le traitement chirurgical des tumeurs osseuses s'inscrit dans une stratégie de prise en charge pluridisciplinaire. Si le traitement des tumeurs bénignes fait appel essentiellement aux curetages-comblements ou aux résections marginales, celui des tumeurs malignes est actuellement dominé par la chirurgie conservatrice. Les multiples procédés de reconstruction existants permettent d'améliorer le pronostic fonctionnel des sacrifices tissulaires importants imposés par ces résections carcinologiques. Les résections articulaires gardent leurs indications pour les articulations périphériques, tout en profitant des techniques de reconstruction. Les amputations restent indiquées en cas d'évolution majeure de la tumeur, imposant des sacrifices tels que l'avenir fonctionnel du membre se trouve gravement compromis.

© 2001 Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots-clés : tumeur osseuse, traitement, curetage, résection, reconstruction, greffe, amputation.

Introduction

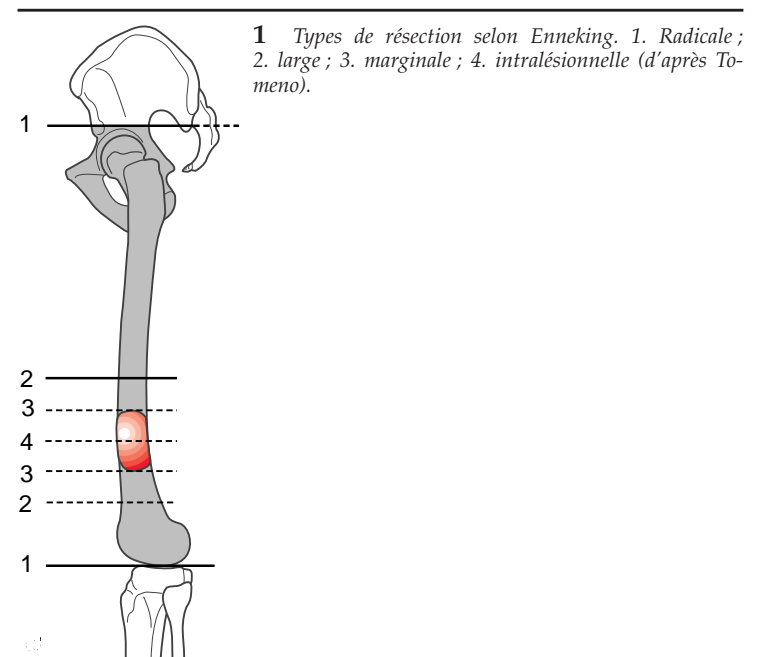
La prise en charge actuelle des tumeurs osseuses ne se conçoit que dans un cadre pluridisciplinaire dont le traitement chirurgical n'est qu'un aspect. Cela suppose la définition d'une stratégie thérapeutique, possible grâce au bilan lésionnel et d'extension réalisé en préopératoire. Outre les protocoles de chimiothérapie ou de radiothérapie, cette stratégie doit inclure un premier geste chirurgical, fondamental pour le diagnostic lésionnel exact, et déterminant pour les possibilités chirurgicales ultérieures : la biopsie tumorale. Elle doit prendre aussi en compte la possibilité de thérapies adjuvantes telles qu'embolisation préopératoire ou radiothérapie peropératoire. C'est le développement de ces coopérations ajouté aux progrès des techniques qui ont permis l'essor de la chirurgie conservatrice des membres qui domine actuellement les indications thérapeutiques.

Définitions

PRINCIPES DE ENNEKING

Les principes du traitement chirurgical des tumeurs reposent à l'heure actuelle essentiellement sur la classification de Enneking^[26] qui utilise les notions de compartiment et de capsule. Un compartiment est limité par des structures anatomiques constitutionnelles et non néoformées : corticales, aponévroses, parois de loges, capsules articulaires, cartilages de croissance, fascia... Une tumeur est dite « intracompartimentale » lorsqu'elle reste enclose entièrement dans son site d'origine sans en franchir les limites. Elle est dite « extracompartimentale » quand elle a franchi les limites de

Philippe Vichard : Professeur des Universités, service de chirurgie orthopédique traumatologique et plastique, hôpital Jean Minjoz, boulevard Fleming, 25030 Besançon cedex, France.
Emmanuel Gagneux : Praticien hospitalier, service orthopédie I (professeur Maury), hôpital Lapeyronie, 191, avenue du Doyen-Giraud, 34295 Montpellier cedex 5, France.



son compartiment d'origine, ou qu'elle se développe dans une région sans limite individualisable telle que la région axillaire ou le creux poplité. La capsule, au contraire, n'est qu'une production réactionnelle qui entoure la tumeur. Elle est produite plus par les tissus de voisinage que par la tumeur. Elle est d'autant plus nette, intacte et épaisse que la tumeur est peu évolutive. Elle peut être soulevée, perforée, voire détruite, dans les cas les plus agressifs.

Enneking déduit de ces deux notions différents types de résection selon l'endroit où passe le bistouri (fig 1) :

- chirurgie intralésionnelle (intracapsulaire) : c'est le curetage ;
- chirurgie marginale : la dissection se fait au ras du tissu lésionnel, sans pénétrer dans la lésion ; c'est une excision simple ou une exérèse limitée ;

– *chirurgie large* : on passe au large en tissu sain, mais en restant dans le compartiment où s'est développée la tumeur ;

– *chirurgie radicale* : l'exérèse concerne le compartiment tumoral dans son entier, sans y pénétrer ; il peut s'agir, par exemple, d'une fémorctomie totale pour un ostéosarcome de la métaphyse inférieure, ou d'une amputation de cuisse pour une tumeur du tibia étendue aux parties molles adjacentes.

CURETAGE

Il s'agit d'une chirurgie intralésionnelle. On pénètre délibérément dans la tumeur que l'on évite de l'intérieur. Le risque est bien sûr de réaliser une exérèse incomplète. Ce geste est donc réservé à certaines tumeurs bénignes.

RÉSECTION

Elle consiste à pratiquer l'exérèse en bloc de la tumeur sans y pénétrer. On distingue différents types de résection en fonction de la distance existant entre le bistouri et la lésion.

■ Résection marginale

La tumeur est vue. On passe au ras de sa périphérie, le long de la capsule que l'on ne franchit jamais.

■ Résection large

On passe à distance de la tumeur, en laissant une épaisseur plus ou moins grande de tissus apparemment sains. Ni la tumeur, ni sa capsule ne sont vues à aucun moment. Cette résection reste une résection intracompartimentale.

■ Résection radicale

Il s'agit d'une résection extracompartimentale, où l'on passe encore plus à distance de la tumeur, en dehors du compartiment concerné par la lésion. Ce type de résection peut imposer des sacrifices extrêmement lourds. Par exemple, pour un ostéosarcome métaphysaire fémoral inférieur, envahissant en avant le quadriceps, il faudrait enlever le fémur en entier, ainsi que toute la loge antérieure de cuisse en passant en dehors des aponévroses (compartiments osseux et musculaires). Ce geste, très souvent excessif, doit être réservé à certaines indications exceptionnelles, pour des tumeurs de haute malignité histologique et d'extension locale importante. Le plus souvent, les résections larges suffisent, même dans des formes « à mauvais pronostic histologique »^[76].

■ Résections contaminées et par morcellement

Il s'agit en fait d'échecs d'excisions. Du fait de difficultés locales, le chirurgien peut, à un certain moment, pénétrer de façon accidentelle dans la tumeur (résection contaminée) ou être obligé de la fragmenter pour pouvoir l'extirper (résection par morcellement). L'intervention est alors dite « non carcinologique » avec un risque de récurrence nettement accru. Dans certains cas, ces résections incomplètes peuvent être délibérées (résections palliatives).

AMPUTATION

L'amputation ou la désarticulation consiste à sacrifier le membre. Elle ne doit pas être opposée à la résection, car tout comme elle, elle peut être radicale, large, marginale ou même contaminée. Elle n'apporte pas, en elle-même, plus de sécurité carcinologique. Ses indications découlent en fait des contre-indications des résections : monstrueux envahissement des parties molles ; interventions multiples, infection, séquelles de radiothérapie.

Curetage-comblement

Le curetage-comblement est un geste exigeant sur le plan technique, extrêmement minutieux et ne doit pas être réalisé à la légère. Cette intervention qui est le prototype de la chirurgie intralésionnelle

s'adresse essentiellement aux tumeurs bénignes. L'objectif en est l'ablation de toutes les cellules tumorales par exérèse endolésionnelle. Elle comporte deux temps, un premier temps de curetage visant à l'exérèse des cellules tumorales et un deuxième temps de comblement de la cavité ainsi créée. Dans certaines lésions, une embolisation artérielle préalable peut être indiquée pour diminuer le saignement peropératoire.

CURETAGE

L'utilisation d'un garrot pneumatique, quand elle est possible, est recommandée ; un champ exsangue facilitant considérablement le geste opératoire^[14].

La zone tumorale osseuse est exposée assez largement. Le curetage nécessite une trépanation corticale suffisante, de plusieurs centimètres carrés, pour permettre un accès large à la masse tumorale, en évitant les « effets de surplomb » sur les bords^[14]. Un volet est découpé à la scie oscillante ou au ciseau frappé selon le grand axe de la lésion. Il faut prendre garde à éviter les refends. Le capot osseux n'est en règle pas conservé.

L'exérèse du tissu tumoral se fait à la curette, en utilisant des tailles de plus en plus petites pour pouvoir explorer le moindre recoin de la cavité. Les cloisons sont effondrées et les parois avivées au ciseau ou à la fraise. L'ensemble du matériel tumoral est envoyé en anatomie pathologique pour analyse. Il faut prendre garde à respecter les cartilages articulaires ou de croissance s'ils sont adjacents, et à bien protéger les tissus environnants pour éviter leur contamination par des débris de tumeur.

La cavité est ensuite lavée au sérum physiologique, le liquide étant récupéré par un aspirateur pour ne pas contaminer l'ensemble de la plaie. L'utilisation d'un « jet pulsé » est souvent commode. Dans certains cas, on peut être amené à réaliser une « cautérisation » pour éliminer les éventuelles cellules tumorales restantes. Différents procédés ont été proposés : cautérisation chimique avec du sérum hypertonique ou de l'eau distillée, formolisation ou phénolisation, ou cautérisation thermique à l'azote liquide^[48, 51] ou au bistouri électrique.

COMBLEMENT

Les objectifs du comblement sont essentiellement le renforcement de la solidité osseuse, mais aussi le fait d'éviter des espaces résiduels vides, facteurs favorisant des récurrences. Le comblement doit donc, en fait, réaliser un véritable « plombage » de la cavité, le matériau de remplissage devant s'insinuer dans la moindre anfractuosité. Différents produits peuvent être utilisés, principalement de l'os spongieux autogène ou allogène, plus rarement du ciment chirurgical. Il peut être nécessaire, dans certains cas, d'y associer une ostéosynthèse pour renforcer un os fragilisé.

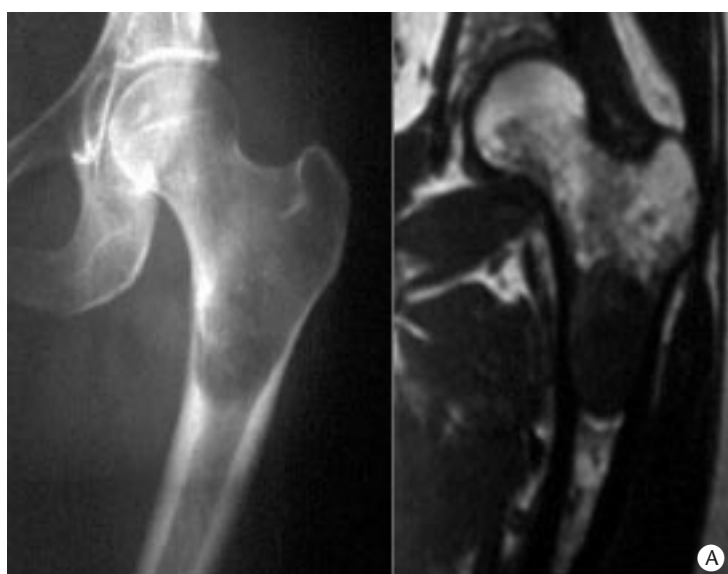
■ Comblement par autogreffe spongieuse

Il s'adresse principalement à des cavités de petite taille. Pour des cavités plus importantes ou à proximité d'articulations portantes, il peut être nécessaire d'y associer des baguettes d'os cortical prélevées sur la face interne du tibia ou sur la diaphyse péronière. Ces baguettes disposées en étau jouent le rôle de pilotis. Une ostéosynthèse complémentaire peut aussi permettre de renforcer le montage.

La greffe doit être tassée et impactée au marteau et au chasse-greffon. Les meilleurs sites de prélèvement sont les crêtes iliaques. On peut, pour de petites quantités, utiliser les épiphyses fémorale distale ou tibiale proximale.

■ Comblement par allogreffe

On utilise des allogreffes essentiellement en cas de manque d'os autologue, soit du fait de prélèvements antérieurs, soit du fait de la taille de la cavité à combler. Si la résistance mécanique précoce est meilleure, la consolidation est plus longue qu'avec une autogreffe,



2 Patient de 54 ans. Métastases fémorale gauche et pulmonaire d'une tumeur de Grawitz.

A. Radiographie et image par résonance magnétique (IRM) préopératoires.

B. Curetage, comblement par du ciment, ostéosynthèse par plaque.

et bien que minimes, les risques de maladie transmissible ne sont pas totalement écartés. Le meilleur matériau est la tête fémorale de banque cryoconservée ou autoclavée dont on utilise un gros fragment introduit en force dans la cavité, associé à de petits fragments morcelés, associés de préférence à de l'autogreffe, tassés tout autour.

■ Comblement par du ciment chirurgical

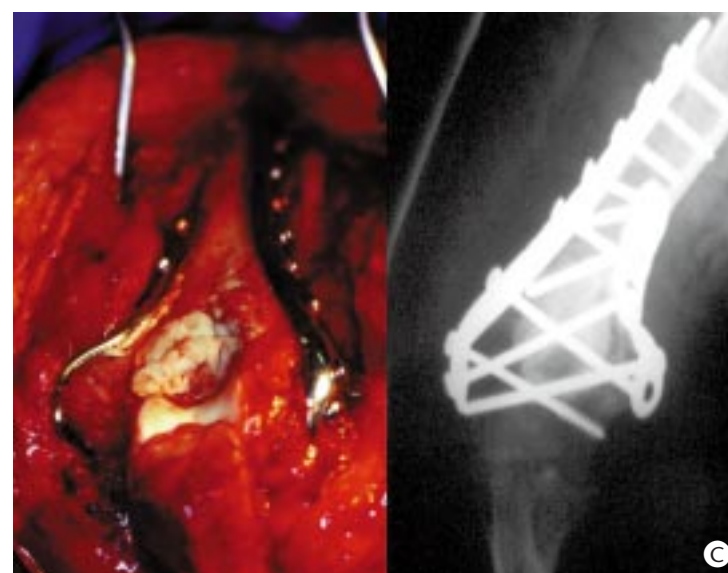
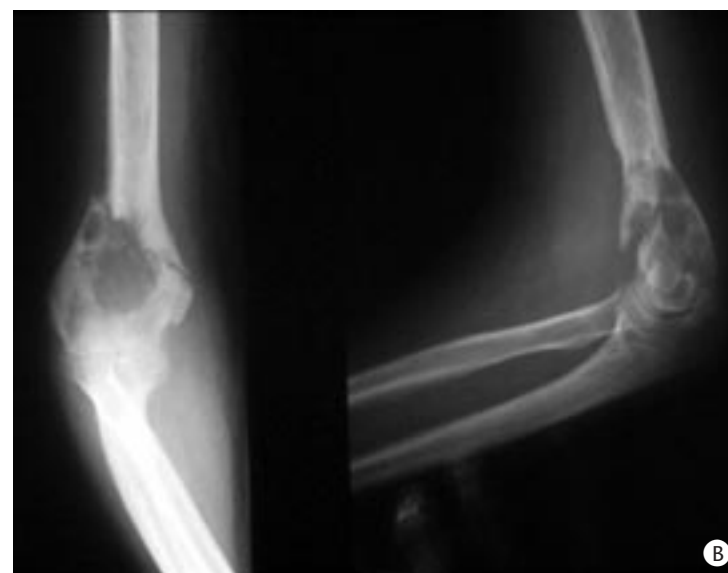
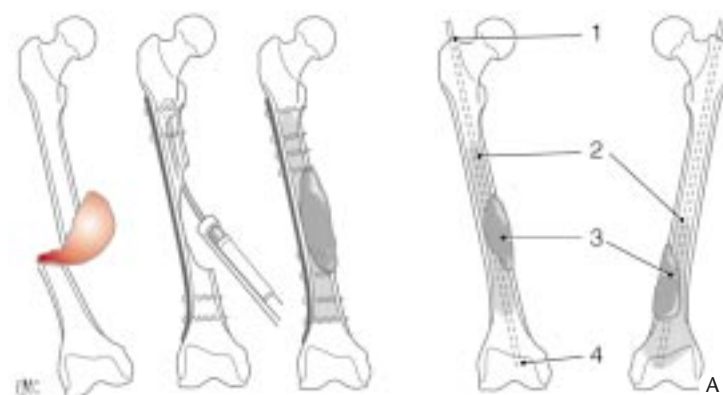
Le ciment présente l'avantage d'une grande résistance mécanique, immédiate et définitive. Il aurait aussi une certaine activité antitumorale du fait de l'élévation thermique pendant sa polymérisation [57]. Mais il n'établit jamais de liaison intime avec l'os et son utilisation implique la persistance d'une solidité corticale satisfaisante. Il doit donc être réservé en cas de capital osseux insuffisant ou de récurrence. On peut l'utiliser aussi pour le traitement de métastases osseuses quand l'espérance de vie est réduite et qu'une chirurgie de résection apparaît trop lourde (fig 2). Dans certaines tumeurs infectées, on peut utiliser du ciment aux antibiotiques.

■ Comblement par des biomatériaux

Dans les tumeurs bénignes, des biomatériaux, dont on espère la réhabilitation, éventuellement mélangés à des greffons autologues, sont utilisés par certaines équipes chirurgicales. Mais le recul reste encore insuffisant pour juger cette technique [13].

■ Renforcement par une ostéosynthèse

Dans certains cas où le curetage entraîne une fragilisation importante de l'os, en emportant plus du tiers de la périphérie



3 A. Principes du curetage, comblement par ciment et ostéosynthèse. 1. Appui trochantérien ; 2. appui diaphysaire ; 3. plombage acrylique ; 4. appui épiphysaire (d'après Duparc et Decoulx).

B. Patiente de 54 ans. Fracture pathologique sur métastase de l'extrémité distale de l'humérus droit.

C. Curetage, comblement par du ciment, ostéosynthèse par plaque.

corticale sur une diaphyse, ou en laissant une cavité très étendue en zone épiphysaire, il peut être nécessaire de réaliser une ostéosynthèse pour éviter une fracture secondaire. Toutes les techniques d'ostéosynthèse peuvent être envisagées, du moment que la solidité du montage puisse permettre une reprise précoce de la mobilité (fig 3).

SUITES OPÉRATOIRES

La surveillance radioclinique est impérative pour surveiller la consolidation osseuse et surtout l'absence de récurrence. Celle-ci peut se traduire par la réapparition de douleurs et d'une augmentation de la chaleur locale, mais est souvent asymptomatique. Son expression radiologique est souvent difficile à mettre en évidence. La réapparition d'images géodiques et d'une lyse des greffons doit y faire penser. Il peut être utile de réaliser en postopératoire immédiat un examen scanographique, qui sert ensuite de référence pour les examens de contrôle futurs. La réapparition d'une nouvelle hyperfixation scintigraphique est aussi un élément en faveur de la récurrence. En cas de doute, une nouvelle biopsie s'impose.

Résection

PRINCIPES

Le principe de la résection est de procéder à l'exérèse complète de la tumeur, en bloc, en passant plus ou moins à distance de la capsule ou en dehors du compartiment comme décrit par Enneking [25].

■ Stratégie opératoire, objectifs

La stratégie, face à une tumeur osseuse, se détermine dès avant la biopsie. Le choix d'une voie d'abord en est dépendant, et il importe de ne pas alourdir le pronostic par une biopsie techniquement insuffisante. On a ensuite le temps de se préparer au geste d'excision, au vu de l'histologie. Souvent une première phase de traitement par chimiothérapie permet la réalisation d'une prothèse sur mesure ou la recherche d'une allogreffe massive. La qualité du bilan d'extension est primordiale [56], plus particulièrement le scanner pour l'extension osseuse et dans les parties molles, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) pour les rapports vasculaires et la recherche de *skip metastases*, la scintigraphie pour d'autres localisations osseuses, et éventuellement l'artériographie pour préciser une vascularisation et/ou un envahissement vasculaire ainsi que l'état du réseau d'aval. Bien entendu, la recherche de métastases est indispensable.

L'objectif de la chirurgie conservatrice dans les tumeurs malignes est avant tout la conservation d'une fonction. Il vaut mieux une amputation bien appareillée qu'un membre raide, paralysé et insensible. Le but du bilan préopératoire est donc de s'attacher à déterminer l'étendue des sacrifices nécessaires et les éventuels gestes de reconstruction à envisager (ostéoarticulaires bien sûr, mais aussi d'éventuels pontages vasculaires ou de transferts musculaires).

■ Abord

L'abord doit permettre non seulement le contrôle de la tumeur en entier, mais aussi le contrôle éventuel des structures nobles à conserver, et la reconstruction. Il doit aussi inclure la cicatrice de biopsie qu'il faut exciser en monobloc jusqu'au plan choisi pour la résection. Plusieurs incisions peuvent être nécessaires, et il faut veiller à conserver entre elles suffisamment de tissu pour éviter des nécroses cutanées.

■ Exérèse

La résection de la tumeur se fait en monobloc, de préférence au bistouri électrique dans les muscles ; il est souvent commode de réaliser rapidement les sections osseuses au-dessus et en dessous de la tumeur : cela donne un certain degré de liberté pour « faire tourner sur elle-même » la pièce opératoire afin d'en aborder la face profonde. La distance par rapport à la capsule varie selon le type de résection choisi, mais aussi, en cas de résection large, selon la nature des tissus dans lesquels on passe. La qualité du tissu apparaît plus importante que son épaisseur. Une aponévrose d'enveloppe musculaire ou une capsule articulaire valent mieux qu'une épaisseur plus importante de tissu adipeux [10].

Il faut absolument éviter (dans la mesure du possible) de venir au contact ou de pénétrer dans la tumeur, ce qui péjore

considérablement le pronostic. Si cela arrive ou que les marges apparaissent limites, il vaut mieux procéder à une recoupe que refermer sur un doute [22]. Dans ces cas, l'analyse histologique extemporanée est précieuse.

La pièce est envoyée en totalité au laboratoire, orientée par un ou plusieurs fils de repérage pour permettre à l'anatomopathologiste d'indiquer la topographie d'une éventuelle coupe trop limite ou insuffisante.

RECONSTRUCTION OSSEUSE

Elle fait appel à différentes techniques qui peuvent éventuellement être combinées entre elles (une prothèse massive peut être manchonnée par une allogreffe). Il importe que la qualité de cette reconstruction autorise au moins une mobilisation immédiate, qui seule permet d'obtenir un bon résultat fonctionnel à terme.

■ Allogreffe

Compte tenu des pertes de substances osseuses engendrées par les grandes résections, où les autogreffes s'avèrent souvent insuffisantes, l'utilisation des allogreffes massives s'est considérablement développée. Si les séries les plus anciennes de Merle d'Aubigné, Ottolenghi, Parrish ou Volkov [55, 60, 62, 86] confirment la possibilité pour ces allogreffes de fusionner avec l'os receveur, il demeure cependant un taux de complications élevé [3, 45] : non-consolidations, fractures, résorptions inexplicables ou complications infectieuses. Il faut garder à l'esprit que seule une partie superficielle du greffon est réellement réhabilitée, et que la couche profonde déshabillée se comporte comme de l'os sec [23]. Des phénomènes immunitaires seraient aussi probablement en cause et pourraient expliquer un certain nombre de résorptions [28, 31, 42, 58, 74], mais n'ont jamais été prouvés en clinique. La responsabilité des transfusions sanguines comme facteur favorisant d'immunisation a aussi été envisagée [75]. Certains travaux suggèrent que le respect des groupes *human leucocyte antigen* (HLA) favoriserait une meilleure incorporation de ces greffes [73].

Différents types d'allogreffes existent, en fonction de leur mode de conservation et de leur nature (os, cartilage, insertions tendineuses).

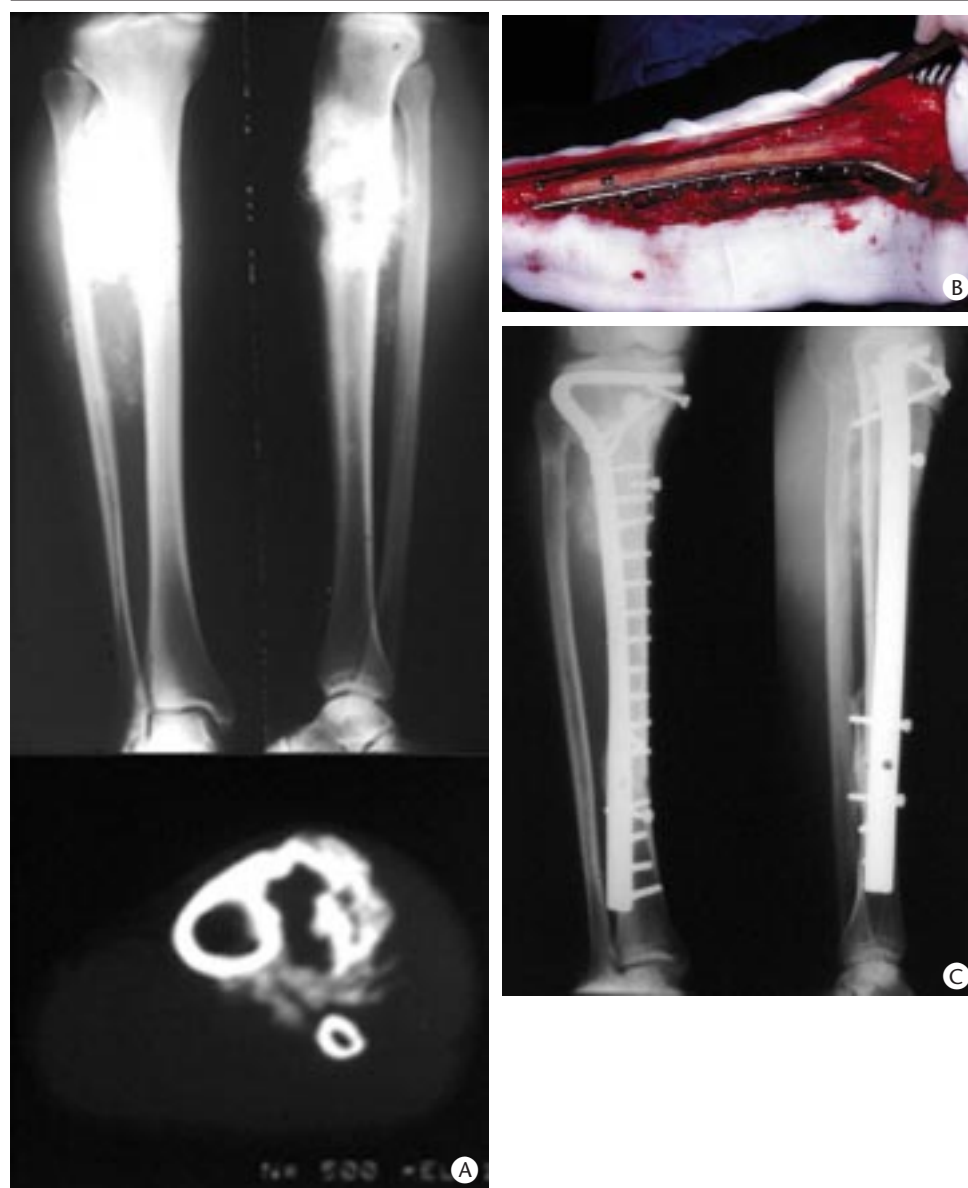
Utilisation des allogreffes massives

Il faut planifier l'intervention, à l'aide de radiographies du patient et du greffon osseux, dont on a soin de repérer le facteur d'agrandissement. L'adéquation en taille du greffon et du site receveur doit être vérifiée. Différentes combinaisons doivent être envisagées, une résection proximale de fémur pouvant très bien être remplacée par une extrémité distale fémorale que l'on a recoupée et adaptée, de même un fémur droit pouvant très bien remplacer un segment de fémur gauche. Ce qui importe, c'est le diamètre du canal médullaire, surtout si l'on envisage d'armer le greffon par un clou ou une prothèse.

En salle d'opération, le greffon a besoin d'être retailé et façonné. Il est plus commode de travailler sur un greffon décongelé depuis 2 ou 3 heures. Outre les instruments habituels de la chirurgie orthopédique, des appareils tels que râpes, étaux, fraises d'alésage, sont souvent indispensables. Il faut être très attentif au respect des règles d'asepsie lors de ces manipulations.

Les possibilités de montage sont variables, mais il faut obtenir impérativement une fixation solide et rigide de la greffe, compte tenu des délais longs de consolidation et de réhabilitation. Aux montages de type plaque, lame-plaque ou clou-plaque, on préfère, à chaque fois que possible, les montages par clou centromédullaire qui offrent de meilleures garanties de solidité et permettent une reprise plus précoce de l'appui (fig 4, 5).

Les jonctions entre la greffe et l'os receveur peuvent être entourées de greffons autologues spongieux ou corticospongieux dans l'espoir de favoriser la consolidation. Différentes découpes peuvent être utilisées pour améliorer la congruence entre les deux extrémités (coupe plane, en « chevron », oblique). Une autre possibilité, peut-être plus satisfaisante quant à la stabilité et à la fusion, consiste à encaster le greffon dans l'os hôte, notamment en zone métaphysoépiphysaire.



4 Patient de 44 ans, sarcome juxtacortical du tiers supérieur du tibia droit.

A. Radiographie et scanner préopératoires.

B. Reconstruction par allogreffe fixée par lame-plaque.

C. Radiographie à 2 ans.

- *Greffes intercalaires*

On les utilise dans le cadre de résections diaphysaires ou d'arthrodèses, l'allogreffe étant interposée entre deux segments osseux du patient. Le montage par clou centromédullaire, au besoin verrouillé, apparaît le meilleur, mais suppose une longueur osseuse suffisante de part et d'autre du greffon^[79]. On utilise de préférence des clous pleins dont la résistance mécanique permet de tenir jusqu'à la consolidation de l'allogreffe, en général vers le huitième mois^[33, 68] (fig 6).

- *Greffes terminales*

Elles entrent dans le cadre des reconstructions épiphysaires ou métaphysoépiphysaires plus ou moins étendues à la diaphyse. On peut utiliser, soit des allogreffes avec conservation de cartilage, soit plus fréquemment des allogreffes manchonnant une prothèse (fig 7). Dans ces cas, il est recommandé de cimenter la prothèse dans le greffon^[2] et d'utiliser des prothèses massives à haute résistance mécanique^[33]. À la hanche, il semble que le manchonnage des prothèses par une allogreffe joue un rôle protecteur à long terme et soit préférable à l'utilisation de prothèses massives de reconstruction isolées^[3]. Au genou, en revanche, le manchonnage par allogreffe semble inutile, voire nocif.

- *Cas particuliers*

Pour les reconstructions des pertes de substance du bassin, on peut utiliser des allogreffes massives, combinées à une arthroplastie de

hanche. Ce procédé semble donner de meilleurs résultats à long terme que l'utilisation de prothèses massives seules^[66], mais il n'est pas exempt de complications.

Différents types d'allogreffe

- *Allogreffes cryoconservées*

La cryoconservation est la méthode la plus utilisée. Elle offre l'avantage de ne pas entraîner de modification des propriétés mécaniques du greffon, mais n'offre aucune garantie en matière de stérilisation. Les possibilités de contamination sont nombreuses, lors du prélèvement, du conditionnement, du stockage, du déconditionnement et de la mise en place, sans parler des maladies virales ou à prion.

Les prélèvements peuvent être effectués sur donneur vivant ou en coma dépassé.

Sur donneur vivant (cas des têtes fémorales de banque), le prélèvement est réalisé dans les conditions d'asepsie de la chirurgie orthopédique réglée, avec la possibilité d'un suivi à distance du devenir sérologique du patient. Les conditions sont donc idéales, comme en témoigne l'utilisation courante de ce type d'allogreffe.

Les greffes massives sont en revanche prélevées sur donneur en coma dépassé dans des conditions techniques souvent moins satisfaisantes, pratiquement toujours à la fin d'un prélèvement multiorgane. Plus de 30 % de ces greffons sont éliminés d'emblée du fait d'une contamination^[80]. D'autre part, aucun contrôle



5 Patiente de 18 ans, ostéosarcome juxtacortical du fémur gauche.
A. Radiographie préopératoire.
B. Reconstruction par allogreffe intercalaire et clou de Colchero.
C. Radiographie à 12 ans.



6 Patiente de 25 ans.
A. Ostéosarcome chondroblastique du tiers distal du fémur gauche.
B. Reconstruction par allogreffe massive, péroné autologue, clou de Colchero et plaque vissée. Radiographie à 1 an.

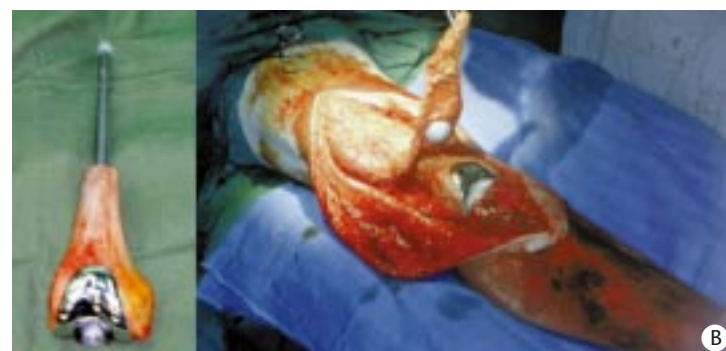
sérologique à distance n'est possible, ce qui laisse planer un doute quant à la transmission éventuelle de pathologies telles que l'hépatite, le syndrome de l'immunodéficience acquise (sida), ou la maladie de Creutzfeldt-Jakob. On conçoit donc la nécessité de la réglementation contraignante mise en place par le législateur et appliquée par l'Établissement français des greffes. Mais ceci, associé à des refus fréquents de la part des familles des donneurs, contribue à une pénurie chronique d'allogreffes massives. Ces greffons doivent donc être utilisés avec parcimonie et uniquement à bon escient.

- *Allogreffes lyophilisées*

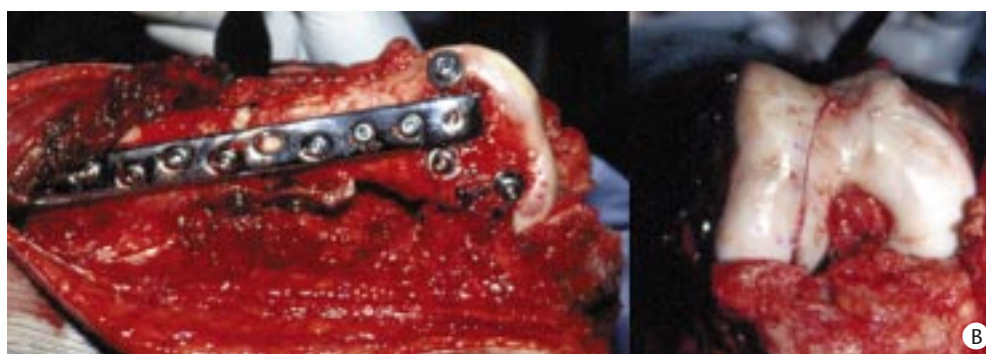
Elles n'offrent pas plus de garantie quant à la stérilité que les greffes cryoconservées, et de plus ont une résistance mécanique diminuée^[80]. Leur utilisation ne semble intéressante que pour des greffes de petite taille^[19].

- *Allogreffes irradiées*

Cette technique limite le risque de transmission des maladies infectieuses, mais augmente un peu le risque de complications



7 Patient de 56 ans.
A. Plasmocytome solitaire de l'extrémité inférieure du fémur droit.
B. Arthroplastie massive manchonnée dans une allogreffe.
C. Résultat postopératoire.

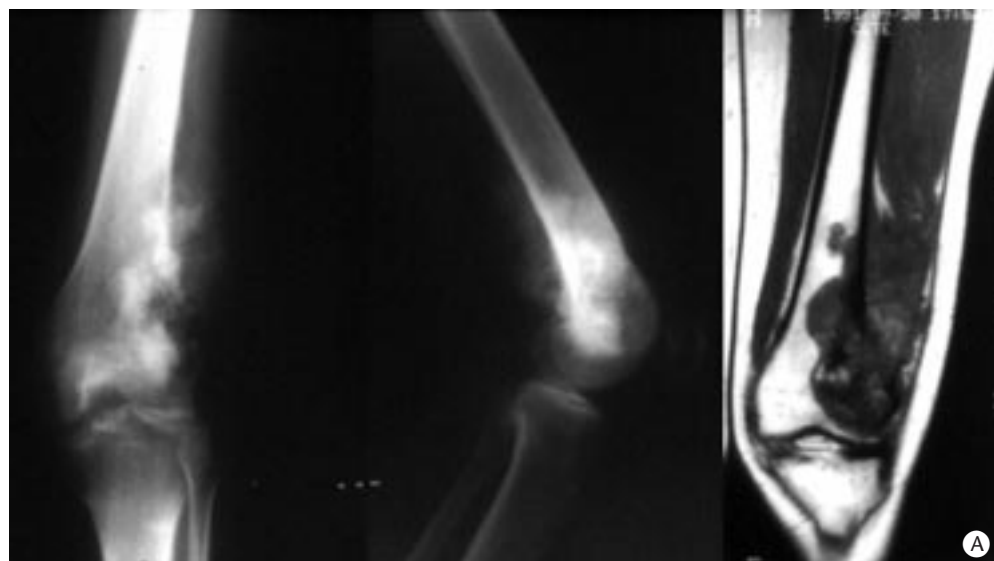


8 Patient de 37 ans.
A. Tumeur à myélopaxes de l'extrémité inférieure du fémur droit.
B. Reconstruction par allogreffe avec conservation de cartilage.

mécaniques^[44, 46]. L'irradiation est le plus souvent associée à la cryoconservation, ce qui permet de diminuer de façon notable le taux de complications infectieuses (de 15 à 7 % selon Loty^[47]). Actuellement, la tendance est à l'utilisation d'allogreffes cryoconservées plutôt que d'allogreffes irradiées, compte tenu notamment de leur meilleure résistance mécanique.

- *Allogreffes avec conservation de cartilage*

Dans certains cas, chez des patients jeunes ou pour des pertes de substance articulaires partielles, il peut être intéressant, plutôt que de réaliser une arthroplastie, d'utiliser une allogreffe avec conservation de cartilage (fig 8). Il s'agit d'allogreffes cryoconservées, sans irradiation, avec un agent cryoprotecteur comme le



9 Patiente de 19 ans.
A. Ostéosarcome de l'extrémité inférieure du fémur gauche.
B. Prothèse Link + allogreffe avec conservation de l'appareil extenseur.
C. Résultat à 4 ans.



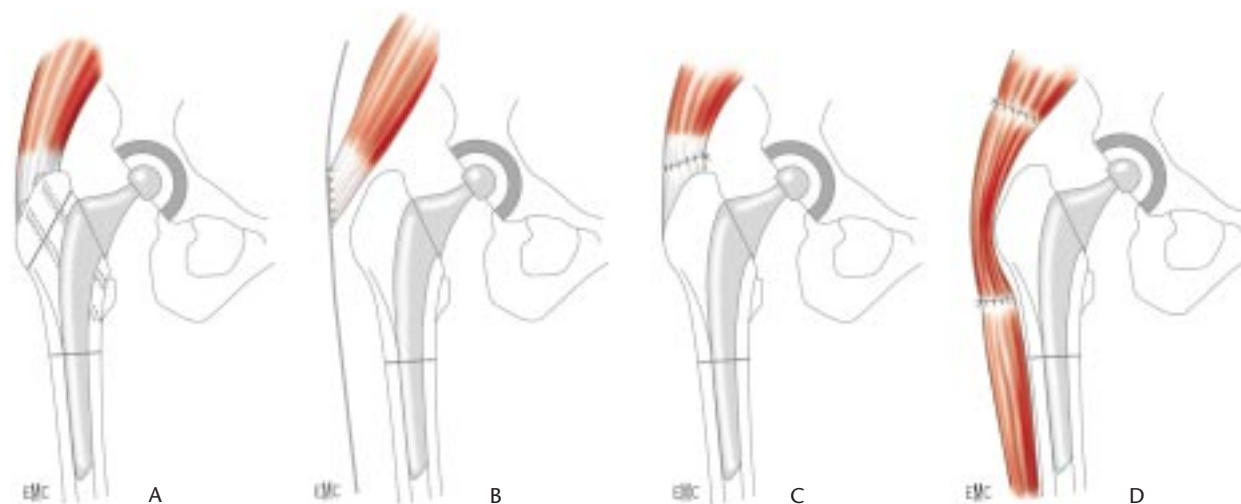
diméthylsulfoxyde (DMSO) à 10 %. Bien que l'efficacité de ce procédé soit discutée^[1, 8], Poitout (à propos de huit greffes de ce type, avec un recul de 3 à 7 ans) et Bell (à propos de 16 greffes avec un recul moyen de 9 ans) font état de bons résultats sur le plan articulaire^[5, 64, 65]. En revanche, Mankin observe une évolution arthrosique à 6 ans de recul, imposant une arthroplastie dans 16 % des cas^[49]. Cette technique a aussi été utilisée pour le membre supérieur avec de bons résultats^[38].

Ce procédé de conservation peut être appliqué aux tendons et ligaments qui permettent d'assurer la stabilité et la mobilité

articulaire de ces greffes massives (fig 9). La fixation apparaît satisfaisante et ne semble pas entraîner de phénomènes de rejet^[64].

Réimplantation de la pièce de résection

Dans certains cas, soit parce que l'on ne dispose pas de greffon massif, soit pour des raisons socioculturelles, la pièce osseuse de résection peut être réimplantée après avoir été débarrassée de toute cellule vivante. Le procédé le plus utilisé est l'autoclavage de la pièce, au préalable débarrassée de tous les tissus mous et du cartilage qui l'accompagne. Cette méthode semble garantir une



10 Procédés de fixation des abducteurs de la hanche après résection massive.

A. Fixation d'un médaillon trochantérien sur l'allogreffe.

B. Suture du tendon du moyen fessier au fascia lata.

C. Suture du tendon du moyen fessier sur le tendon conservé de l'allogreffe.

D. Interposition du biceps femoris entre fessiers et vaste externe.

stérilisation complète de la pièce [13], et les différentes séries ne rapportent pas de taux de récidence ou de complications plus élevé qu'avec les autres techniques [6, 32, 72]. Une autre voie de recherche, qui reste à valider, est l'exposition de la pièce de résection aux micro-ondes [27].

■ Arthroplastie massive

La chirurgie prothétique est plus facilement employée pour le membre inférieur, où la conservation des mobilités articulaires est nécessaire pour la déambulation, que pour le membre supérieur où les arthroèses sont souvent bien tolérées. La chirurgie prothétique est couramment utilisée pour les grosses articulations, telles que la hanche ou le genou, plus rarement pour l'épaule. Les indications sont plus discutables pour les autres articulations telles que la cheville, le coude ou le poignet.

Arthroplastie de la hanche

Elle fait appel à des prothèses massives utilisées seules ou manchonnées par une allogreffe. En fonction de l'étendue de la résection, on utilise soit les prothèses de reconstruction existant sur le marché, soit des prothèses sur mesure.

Il faut être particulièrement attentif au respect des règles d'asepsie, les complications infectieuses étant particulièrement fréquentes dans ce type de chirurgie [2, 3, 45, 49, 91].

Les luxations représentent la deuxième complication principale de ces interventions. Elles sont liées directement à l'importance de la résection des parties molles. Langlais recommande l'utilisation de têtes de gros diamètre (32 mm), et surtout insiste sur le positionnement du cotyle qui doit être très horizontal et peu antéversé, et de l'implant fémoral dont l'antéversion ne doit pas dépasser 10° [41]. Anract préconise, en cas de sacrifice musculaire important, une période de traction postopératoire de 15 jours, suivie d'une immobilisation par un hémibermuda plâtré pendant 6 semaines [3], mais personnellement nous préférons une mobilisation immédiate sur arthromoteur pour préserver le résultat fonctionnel. Les luxations apparaissent plus fréquentes avec les prothèses massives qu'avec les prothèses composites, probablement du fait des réinsertions musculaires sur l'allogreffe [2, 49, 91].

Le résultat fonctionnel est dépendant des résections musculaires, mais semble meilleur pour les prothèses manchonnées par une allogreffe qui permettent une meilleure fixation musculaire [3, 91]. La réinsertion des abducteurs doit faire l'objet de soins particuliers. La meilleure solution semble la conservation d'un médaillon trochantérien assurant une continuité digastrique entre les fessiers et le vaste externe. Cette technique n'est possible que pour des tumeurs de petite taille et/ou éloignées du grand trochanter. D'autres techniques peuvent être utilisées : réinsertion du grand trochanter directement sur la prothèse ou sur l'allogreffe, suture du tendon du moyen fessier sur le tenseur du fascia lata, suture du tendon du moyen fessier sur le tendon conservé de l'allogreffe, interposition du biceps femoris [3] (fig 10).

La longévité de ces arthroplasties est inférieure à celle des arthroplasties conventionnelles avec des taux de survie entre 60 et 75 % à 10 ans [3, 20, 82, 91]. Aucune différence statistique n'a pu être établie entre les prothèses massives et les reconstructions composites quant à leur survie [91]. Anract [3] retrouve cependant un taux d'échec précoce plus important pour les reconstructions composites, et un taux d'échec à moyen et long termes plus élevé pour les prothèses massives. Il ne confirme pas les résultats de Langlais concernant les arthroplasties massives qui semblaient encourageants à moyen terme [40].

Arthroplastie du genou

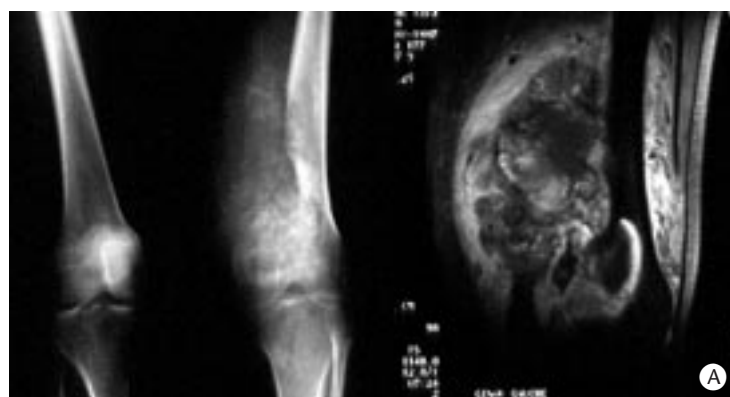
Elle impose l'utilisation de prothèses à charnière pour compenser le sacrifice des structures ligamentaires latérales et du pivot central. Leur mise en place suppose la conservation d'un appareil extenseur du genou fonctionnel, qu'il faut parfois reconstruire à l'aide d'artifices.

Comme pour la hanche, cette chirurgie obéit aux règles de la chirurgie prothétique, avec utilisation de prothèses sur mesure ou de modèles existant sur le marché. Il faut, en préopératoire, déterminer avec une grande exactitude les dimensions de l'implant en fonction du niveau de résection. Il s'agit toujours d'implants à longue tige d'ancrage, scellés dans les diaphyses fémorale et tibiale. Si la reconstitution d'un axe normal dans le plan frontal est pratiquement automatique, il faut être particulièrement attentif au positionnement en rotation. Au fémur, le seul repère disponible est la ligne âpre. Au tibia, on se base sur la tubérosité tibiale, si elle peut être conservée, et sur la position du pied. Il faut régler très soigneusement la hauteur rotulienne et veiller à obtenir un excellent centrage, si nécessaire en soulevant la tubérosité tibiale. Dans certains cas de résection tibiale, il est possible de conserver la trochlée fémorale, évitant ainsi la mise en place d'un médaillon rotulien [52] (fig 11).

Il faut parfois faire appel à des artifices pour réinsérer l'appareil extenseur. Il faut proscrire une fixation directe sur la prothèse qui est vouée au lâchage à court terme. Le tendon rotulien peut être suturé sur l'extrémité supérieure du péroné que l'on a transféré en avant du tibia après ostéotomie [83], ou au tendon rotulien conservé d'une allogreffe manchonnant la prothèse. Dubouset transpose le jumeau interne en avant de la prothèse pour y amarrer le tendon rotulien [21]. Les tendons de la patte-d'oie ou les aponévroses de jambe peuvent aussi servir de point d'ancrage [63].

La fermeture cutanée peut s'avérer difficile. Il faut savoir éviter les sutures sous tension qui exposent à un risque de désunion ou de nécrose cutanée, avec exposition de l'implant. Dans ces cas, on doit avoir recours sans hésitation à différents procédés de couverture, principalement par transposition des muscles jumeaux, ischiojambiers externes ou de la patte-d'oie.

Le nombre de complications reste élevé [11, 52, 83]. Pour Kawai, ce taux dépend essentiellement de l'importance de la résection osseuse, avec



11 *Patiente de 24 ans.*
 A. Ostéosarcome de l'extrémité inférieure du fémur gauche avec extension articulaire.
 B. Reconstruction par prothèse massive sur mesure Link + allogreffe de l'extrémité supérieure du tibia.
 C. Résultat postopératoire.

une différence significative à partir de 40 % de la longueur de la diaphyse [37]. Pour les prothèses à charnière, le taux de survie à 10 ans varie, selon les séries, de 60 à 80 % [7, 52]. Les prothèses utilisant des charnières « rotatoires » (GSB, Link, Rotating Hinge) n'ont pas fait l'objet de publications avec un recul équivalent et ne peuvent être évaluées.

La raideur articulaire est fréquente (19 % de la série de Mascard [52]), aggravée par la radiothérapie postopératoire qui est responsable

d'une sclérose progressive. L'importance de l'excision musculaire semble aussi jouer un rôle [83].

Autres articulations

Au membre supérieur, la reconstruction par arthroplastie est moins utilisée, les résultats fonctionnels après prothèse étant souvent médiocres du fait des sacrifices musculaires. Pour l'articulation scapulo-humérale, Cherubino retrouve un lien direct entre la fonction résiduelle et le degré de conservation des muscles de la coiffe des rotateurs [12]. O'Connor obtient de meilleurs résultats avec des allogreffes ostéocartilagineuses qu'avec des prothèses, même en cas de conservation des muscles de la coiffe. Dans les autres cas, il préconise l'arthrodèse scapulo-humérale [59] avec interposition de greffons (allogreffe, bague tibiale autogène et surtout péroné vascularisé) ; ces arthrodèses sont difficiles à réaliser mais donnent d'excellents résultats fonctionnels.

Lee propose de reconstruire la cheville et l'extrémité distale du tibia par des implants sur mesure. Il annonce de bons résultats à 5 ans [43], mais cette démarche reste à valider.

Prothèses de croissance

Chez l'enfant, les grandes résections posent le problème de la croissance quand elles emportent la plaque conjugale, cas le plus fréquent, puisque la majorité des tumeurs siègent en zone métaphyso-épiphyssaire. Il n'est pas rare d'observer, après la puberté, des inégalités de longueur de l'ordre de 10 cm. Pour permettre une croissance du membre malade, des prothèses dites « de croissance » ont été développées [18, 70, 71]. Leur inconvénient majeur est la nécessité de multiples réopérations au cours de la croissance pour obtenir l'allongement de ces implants, ce qui augmente considérablement le taux de complications. Des implants possédant une motorisation interne, pouvant être allongés sans abord chirurgical, commencent actuellement à être mis au point [4].

■ Ostéogénèse en distraction

Les essais de reconstruction de la perte de substance osseuse par ostéogénèse en distraction, selon les principes décrits par Ilizarov, présentent des résultats variables. Ils sont parfois grevés par un taux élevé de complications, une mauvaise qualité du régénérat, et des résultats fonctionnels médiocres [61]. D'autres séries présentent des résultats plus encourageants mais avec un taux de complications toujours très élevé [81].

■ Transferts osseux vascularisés

Les techniques microchirurgicales sont aussi utilisées pour les reconstructions des pertes de substance engendrées par les résections osseuses. Le transfert le plus utilisé est le péroné, moins fréquemment l'aile iliaque. Les techniques sont celles de tout transfert microchirurgical. Les indications prédominent au membre supérieur avec un taux de complications plus ou moins élevé selon les séries [90].

Des transferts de péroné libre ont aussi été appliqués au membre inférieur et au rachis [30, 39, 89]. Les complications à type de fracture sont nombreuses, l'adaptation du greffon aux contraintes biomécaniques demandant un certain temps. Une solution séduisante est l'association d'un péroné vascularisé à une allogreffe, le péroné étant soit posé à côté de l'allogreffe, soit encastré dans cette dernière.

Des essais de transfert de plaque de croissance vascularisée ont été réalisés avec un certain succès, mais cette technique n'est pas encore banalisée [36].

RECONSTRUCTION DES PARTIES MOLLES

Le succès de la chirurgie conservatrice dépend bien sûr de l'absence de récurrence de la tumeur, mais aussi de la fonction résiduelle du membre. Or il existe une relation directe entre l'importance des résections des parties molles (muscles, tendons) et la qualité du



12 Principe de la résection arthrodesè de l'épaule selon Enneking (d'après Gerber).

résultat. C'est pourquoi il ne faut pas hésiter à réaliser des transferts musculaires pour réanimer des fonctions compromises ou des pontages vasculaires si un tronc artériel ou veineux principal a dû être sacrifié [34, 69].

Ces lambeaux musculaires ou musculocutanés peuvent aussi jouer un rôle important de couverture en cas de perte de substance cutanée. Apportant leur propre vascularisation, ils permettent d'améliorer le trophisme des tissus restants, surtout en cas de radiothérapie adjuvante [16, 35, 54].

RÉSECTIONS ARTICULAIRES

Dans certains cas, l'importance des résections des parties molles n'autorise pas la mise en place d'une prothèse où, en particulier pour les articulations distales, il n'existe pas actuellement de solution prothétique satisfaisante. La résection simple ou résection-arthrodèse apparaît alors comme la seule solution.

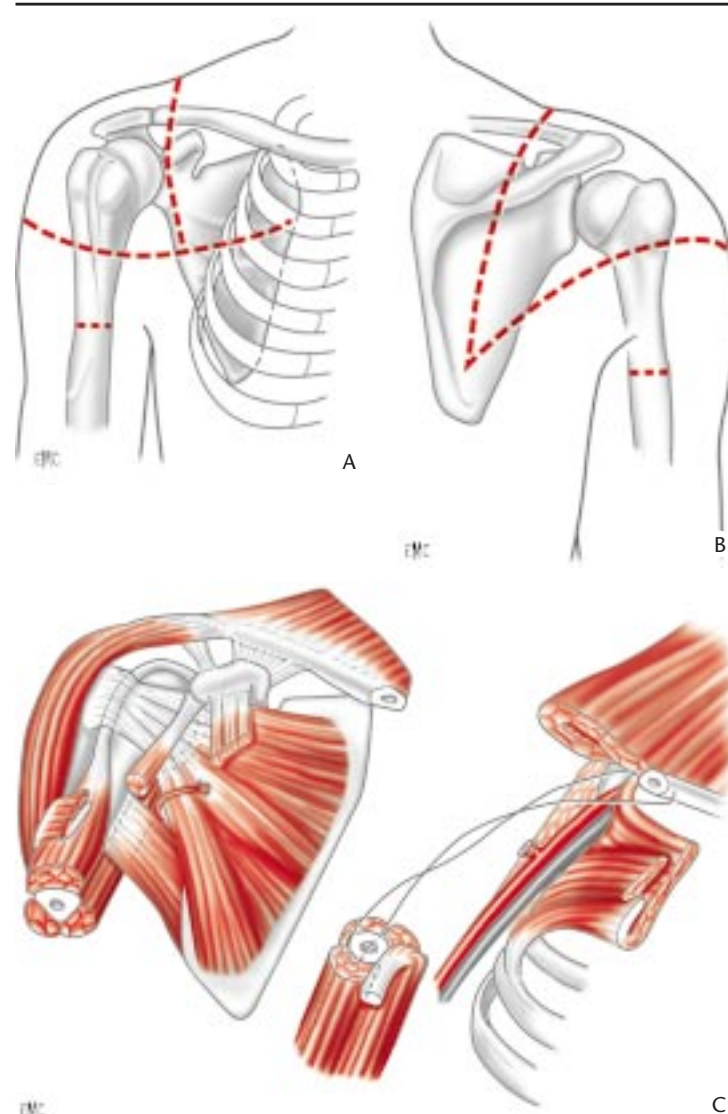
■ Résections de l'épaule

Pratiquées pour des tumeurs n'ayant pas envahi les creux axillaires et respectant les éléments vasculonerveux, les grandes résections de l'épaule permettent d'obtenir des résultats meilleurs que ceux des désarticulations [29], grâce à la conservation de l'extrémité distale du membre dont la fonction apparaît relativement conservée [17].

Les possibilités de reconstruction dépendent de l'étendue des résections musculaires et osseuses. La conservation du deltoïde permet l'arthroplastie si la résection est limitée à l'extrémité supérieure de l'humérus. Si la résection est plus importante ou concerne le massif glénoïdien, l'arthrodèse telle que décrite par Enneking donne les meilleurs résultats fonctionnels (fig 12), mais s'avère difficile techniquement, impose une immobilisation prolongée sur plusieurs mois avec un risque important de non-consolidation. Certains préfèrent rétablir la longueur de l'humérus avec une prothèse humérale passive utilisée comme *spacer*, manchonnée avec les parties musculaires périarticulaires restantes [29, 85]. Les grandes résections scapulo-humérales font appel à la technique de Tikkor-Linberg, où le moignon restant de l'humérus est fixé à la deuxième côte ou à la clavicule par des fils non résorbables (fig 13). Il est souvent possible de mettre en place une prothèse dans l'humérus à titre de *spacer*, fixée par des fils à la clavicule ou à la deuxième côte [50].

■ Résection-arthrodèse du genou

La résection-arthrodèse du genou, décrite par Juvara en 1921, est le plus ancien procédé de résection-reconstruction des tumeurs de l'extrémité inférieure du fémur ou supérieure du tibia. Bien que ses indications se soient considérablement raréfiées par rapport aux arthroplasties, il demeure un procédé sûr et garde encore certaines indications. Le principe de cette technique, améliorée par Merle d'Aubigné [55, 84], est de ponter la perte de substance osseuse par un greffon prélevé sur l'os adjacent, translaté ou retourné. On y associe une greffe osseuse massive et une fixation par un grand clou fémorotibial (fig 14). La rotule est vissée sur les greffons. Certaines



13 Principe de la résection de Tikkor-Linberg (A, B, C) (d'après Gerber).

variantes ont été décrites : utilisation du péroné vascularisé (transfert microchirurgical) [24, 67], utilisation d'une allogreffe intercalée [87], coupes osseuses obliques pour améliorer le contact entre les différentes pièces osseuses [9].

Bien que grevée d'un taux élevé de complications, cette technique offre l'intérêt d'excellents résultats fonctionnels à très long terme [84, 88].

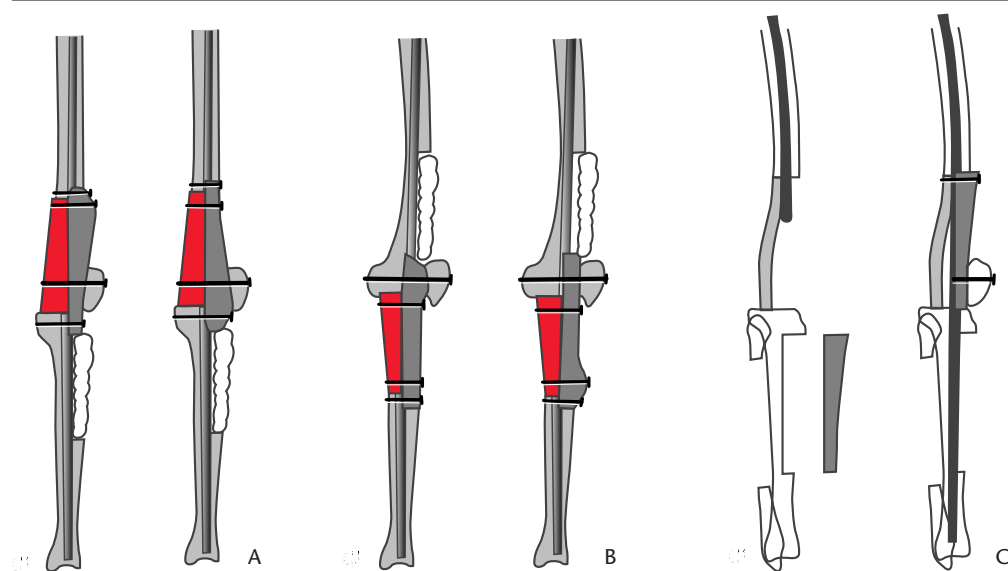
■ Résections du bassin

Il s'agit d'une chirurgie extrêmement lourde, nécessitant une équipe chirurgicale et anesthésique entraînée, et d'importants moyens de réanimation et de suivi. Le patient doit lui aussi être capable de supporter ce geste tant physiquement que psychologiquement (il s'agit parfois d'une véritable mutilation fonctionnelle). Les abords sont larges et doivent permettre un contrôle endo- et exopelvien. Des gestes sur les viscères ou les pédicules vasculaires ne sont pas rares [77].

Les procédés de reconstruction varient selon la zone concernée, suivant la classification topographique de Enneking qui divise le bassin en trois zones : I (aile iliaque), II (cotyle), III (cadre obturateur).

En zone I, si la distance résiduelle entre le sacrum et le toit du cotyle est faible (2 ou 3 cm), la résection isolée peut suffire. Si la distance est plus importante, la reconstruction fait appel à des greffes (auto- ou allogreffe) doublées d'une ostéosynthèse.

En zone II, la reconstruction est pratiquement toujours nécessaire. On peut faire appel à des allogreffes massives dans lesquelles on



14 Principes de la résection arthrodeuse du genou (d'après Tomeno).

- A. Résection distale du fémur.
B. Résection proximale du tibia.
C. Modification de Enneking.

implante une prothèse^[66], ou à des prothèses métalliques massives existant dans le commerce, mais la durée de ce type de reconstruction (par allogreffe ou prothèse massive) reste incertaine. Dans d'autres cas, le fémur peut être stabilisé sous le restant d'aile iliaque par arthrodeuse ou simple ankylose, ou par une « Saddle » prothèse. On peut encore réaliser une arthrodeuse fémoro-obturatrice. Si la perte de substance n'est pas trop importante, l'artifice de Puget, qui consiste à retourner la tête et le col fémoral pour rétablir la continuité de l'anneau pelvien, peut être tenté.

En zone III, aucune reconstruction n'est nécessaire.

■ Résections articulaires distales

Membre supérieur

Les résections articulaires y entrent en compétition avec les amputations. Elles sont préférées si la main sous-jacente conserve une certaine capacité fonctionnelle. La résection peut être simple (cas d'une tête radiale) ou suivie d'une reconstruction, le plus souvent par arthrodeuse. Des arthroplasties par prothèse ou allogreffe peuvent être envisagées au coude ou au poignet, mais posent le problème de leur tolérance à long terme. Au niveau de la main, la reconstruction de la première colonne est privilégiée.

Membre inférieur

Les résections distales de la cheville et de l'arrière-pied doivent permettre, après reconstruction, la reprise de l'appui. On privilégie donc la longueur et la solidité, parfois au détriment de la mobilité. Les indications des arthrodeses sont donc larges. Pour l'avant-pied, une reconstruction est tentée en fonction de la qualité des parties molles restantes^[15] mais l'amputation s'impose en fait bien souvent.

Amputations

Si les indications des amputations ont considérablement régressé avec les progrès de la chirurgie conservatrice, elles restent indiquées devant des tumeurs à extension locale très importante ou avec envahissement des pédicules neurovasculaires. Il faut aussi savoir amputer dans certains cas où une résection large entraînerait des séquelles telles que le résultat fonctionnel du membre restant serait désastreux.

Sans entrer dans les détails techniques, il faut garder à l'esprit certains principes^[53].

AU MEMBRE INFÉRIEUR

Les résultats fonctionnels sont d'autant meilleurs que l'amputation est distale.

La conservation du genou transforme le pronostic fonctionnel, permettant au patient appareillé de marcher normalement. En revanche, l'amputé au-dessus du genou voit ses possibilités fonctionnelles diminuer dramatiquement.

L'amputation en cuisse donne des résultats fonctionnels d'autant meilleurs que le moignon est long. Un moignon inférieur à 10 cm est difficilement compatible avec un appareillage simple.

Les désarticulations de hanche et interilioabdominales entraînent une perte fonctionnelle maximale, à la marche, ainsi que pour s'asseoir ou se lever.

AU MEMBRE SUPÉRIEUR

Il faut amputer le plus bas possible. La perte du coude entraîne un préjudice important. Les prothèses du membre supérieur sont médiocres, tant sur le plan esthétique que sur le plan fonctionnel.

PROBLÈMES POSÉS PAR LES AMPUTATIONS

■ Prise en charge du patient

L'amputation est dramatique pour le patient, drame qui le poursuit et est vécu en tant que tel toute sa vie durant. L'annonce de ce geste doit être faite progressivement, avec ménagement, par le chirurgien lui-même, qui doit obtenir le consentement du patient. Il ne faut en revanche surtout pas chercher à minimiser la gravité de la perte fonctionnelle résultant de l'amputation pour la faire mieux accepter, au risque de perdre la confiance du malade. Cette annonce doit donc être faite plusieurs jours à l'avance et il faut, si possible, mettre le futur amputé en rapport avec d'autres malades ayant été dans la même situation^[53].

■ Prévention des douleurs du membre fantôme

Elle est très importante pour la bonne évolution du malade et la qualité du résultat final^[54, 77]. La prévention des douleurs repose tout d'abord sur des précautions opératoires : éviter les tractions sur les troncs nerveux, ne pas coaguler les artères des nerfs, infiltrer les nerfs avec un anesthésique local avant de les sectionner, et les couper assez haut pour éviter la formation de névromes douloureux en zone d'appui distal du moignon.

En postopératoire, outre les traitements antalgiques usuels, la prescription systématique d'un traitement thymoanaleptique et tranquillisant permet d'éviter la survenue de ces phénomènes douloureux.

Conclusion

Si les progrès des techniques chirurgicales et le développement des coopérations pluridisciplinaires permettent actuellement la conservation des membres dans une très large proportion des indications, il faut garder à l'esprit que, plus que la conservation à tout

prix d'une extrémité, il s'agit de conserver ou de restaurer une fonction. C'est à ce moment que survient encore la discussion concernant l'amputation.

Remerciements : les auteurs remercient le Professeur Philippe Maury qui leur a laissé libre accès à son iconographie personnelle, laquelle illustre abondamment cet article.

Références

- [1] Aho AJ, Ekfors T, Dean PB, Aro HT, Ahonen A, Nikkanen V. Incorporation and clinical results of large allografts of the extremities and pelvis. *Clin Orthop* 1994; 307 : 200-213
- [2] Allan DG, Lavoie GJ, McDonald S, Oakeshott R, Gross AE. Proximal femoral allografts in revision hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg (Br)* 1991; 73 : 235-240
- [3] Anract P, Coste J, Vastel L, Jeanrot C, Mascard E, Tomeno B. Prothèse massive et prothèse manchonnée d'une allogreffe pour la reconstruction de l'extrémité supérieure du fémur. *Rev Chir Orthop Répar Appar Mot* 2000; 86 : 278-288
- [4] Baumgart R, Betz A, Schweiberer L. A fully implantable motorized intramedullary nail for limb lengthening and bone transport. *Clin Orthop* 1997; 343 : 135-143
- [5] Bell RS, Davis A, Allan DG, Langer F, Czitrom AA, Gross AE. Fresh osteochondral allografts for advanced giant cell tumors at the knee. *J Arthroplasty* 1994; 9 : 603-609
- [6] Böhm P, Springfield R, Springer H. Re-implantation of auto-claved bone segments in musculoskeletal tumor surgery. Clinical experience in 9 patients followed for 1.1-8.4 years and review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg* 1998; 118 : 57-65
- [7] Bradish CF, Kemp HB, Scales JT, Wilson JN. Distal femoral replacement by custom-made prostheses. Clinical follow-up and survivorship analysis. *J Bone Joint Surg (Br)* 1987; 69 : 276-284
- [8] Caldrea P, Donati P, Capanna R, DiLiddo M, Benassi MS, Campanacci DA et al. A histomorphologic study of explants of massive allografts: preliminary results. *Chir Organi Mov* 1995; 80 : 191-205
- [9] Campanacci M, Costa S. Total resection of the distal femur or proximal tibia for bone tumors. *J Bone Joint Surg (Br)* 1979; 61 : 455-463
- [10] Campanacci M, Ruggieri P. Tumeurs osseuses : introduction, classification, diagnostic et principes thérapeutiques. *Encycl Méd Chir* (Éditions Médicales et Scientifiques Elsevier SAS Paris, tous droits réservés), Appareil Locomoteur, 14-030-A-10, 1992 : 1-12
- [11] Capanna R, Morris HG, Campanacci D, Del Ben M, Campanacci M. Modular uncemented prosthetic reconstruction after resection of tumours of the distal femur. *J Bone Joint Surg [Br]*, 1994; 76 : 178-186
- [12] Cherubino P, Riccardi C, Zatti G, Pazzaglia UE. Isoelastic shoulder prostheses. Considerations on use and results. *Ital J Orthop Traumatol* 1988; 14 : 435-441
- [13] Chiron P. Le point sur les allogreffes et les substituts osseux (Table ronde du GESTO 1997). *Rev Chir Orthop* 1998; 84; (1 Suppl) : 35-63
- [14] Courpied JP. Curetage-comblement. In : Tomeno B, Forest M. Les tumeurs osseuses de l'appareil locomoteur. Paris : Shering-Plough, 1994 : 791-798
- [15] Courpied JP. Résections distales. In : Tomeno B, Forest M. Les tumeurs osseuses de l'appareil locomoteur. Paris : Shering-Plough, 1994 : 909-918
- [16] Cunha-Gomes D, Manghani HH, Bhatena H, Badhwar R, Kavarana NM. Gastrocnemius muscle transfer in limb-sparing surgery for bone tumors around the knee. *Acta Chir Plast* 1999; 41 : 3-6
- [17] Damron TA, Rock MG, O'Connor MI, Johnson M, An KN, Pritchard DJ et al. Functional laboratory assessment after oncologic shoulder joint resections. *Clin Orthop* 1998; 348 : 124-134
- [18] Delepine G, Delepine N, Desbois JC, Goutallier D. Expanding prostheses in conservative surgery for lower limb sarcoma. *Int Orthop* 1998; 22 : 27-31
- [19] Delloye C, Allington N, Munting E, Vincent A. L'os de banque lyophilisé. Technique et résultats après trois années d'utilisation. *Acta Orthop Belg* 1987; 53 : 2-11
- [20] Dobbs HS, Scales JT, Wilson JN, Kemp HB, Burrows HJ, Sneath RS. Endoprosthetic replacement of the proximal femur and acetabulum. A survival analysis. *J Bone Joint Surg [Br]* 1981; 63 (2) : 219-224
- [21] Dubouset J, Missenard G, Genin J. Traitement chirurgical conservateur des sarcomes ostéogéniques des membres. Techniques et résultats fonctionnels. *Rev Chir Orthop Répar Appar Mot* 1985; 71 : 435-450
- [22] Enneking WF, Maale GE. The effect of inadvertent tumor contamination of wounds during the surgical resection of musculoskeletal neoplasms. *Cancer* 1988; 62 (7) : 1251-1256
- [23] Enneking WF, Mindell ER. Observations on massive retrieved human allografts. *J Bone Joint Surg [Am]* 1991; 73 : 1123-1142
- [24] Enneking WF, Shirley PD. Resection-arthrodesis for malignant and potentially malignant lesions about the knee using an intramedullary rod and local bone graft. *J Bone Joint Surg [Am]* 1977; 59 : 223-236
- [25] Enneking WF, Spanier SS, Goodman MA. A system for the surgical staging of musculoskeletal sarcoma. *Clin Orthop* 1980; 153 : 106-120
- [26] Enneking WF. A system of staging musculoskeletal neoplasms. *Clin Orthop* 1986; 204 : 9-24
- [27] Fan Q, Ma B, Guo A, Li Y, Ye J, Zhou Y. Surgical treatment of bone tumors in conjunction with microwave-induced hyperthermia and adjuvant immunotherapy. A preliminary report. *Chin Med J (Engl)* 1996; 109 : 425-431
- [28] Friedlaender GE, Strong DM, Tomford WW, Mankin HJ. Long-term follow-up of patients with osteochondral allografts. A correlation between immunologic responses and clinical outcome. *Orthop Clin North Am* 1999; 30 : 583-588
- [29] Gerber C, Languelin A. Les résections de l'épaule. In : Tomeno B, Forest M. Les tumeurs osseuses de l'appareil locomoteur. Paris : Shering-Plough, 1994 : 873-885
- [30] Germain MA, Dubouset J, Mascard E, Missenard G, Kalifa C. Reconstruction des os longs des membres, chez l'enfant, par greffe libre vascularisée du péroné après résection pour sarcome. *Bull Acad Natl Med* 1996; 180 : 1125-1141
- [31] Gotfried Y, Yaremchuk MJ, Randolph MA, Weiland AJ. Histological characteristics of acute rejection in vascularized allografts of bone. *J Bone Joint Surg [Am]* 1987; 69 : 410-425
- [32] Harrington KD, Johnston JO, Kaufer HN, Luck JV Jr, Moore TM. Limb salvage and prosthetic joint reconstruction for low-grade and selected high-grade sarcomas of bone after wide resection and replacement by autoclaved autogeneic grafts. *Clin Orthop* 1986; 211 : 180-214
- [33] Hernigou P. Évolution des allogreffes massives. In : Symposium sur les banques d'os. 62^e réunion annuelle de la SOFCOT. *Rev Chir Orthop* 1988; 74 : 131-134
- [34] Ihara K, Shigetomi M, Kawai S, Doi K, Yamamoto M. Functioning muscle transplantation after wide excision of sarcomas in the extremity. *Clin Orthop* 1999; 358 : 140-148
- [35] Ikeda K, Tsuchiya H, Shimozaki E, Tomita K. Use of latissimus dorsi flap for reconstruction with prostheses after tumor resection. *Microsurgery* 1994; 15 : 73-76
- [36] Innocenti M, Ceruso M, Manfrini M, Angeloni R, Lauri G, Capanna R et al. Free vascularized growth-plate transfer after bone tumor resection in children. *J Reconstr Microsurgery* 1998; 14 : 137-143
- [37] Kawai A, Lin PP, Boland PJ, Athanasian EA, Healey JH. Relationship between magnitude of resection, complication, and prosthetic survival after prosthetic knee reconstructions for distal femoral tumors. *J Surg Oncol* 1999; 70 : 109-115
- [38] Kocher MS, Gebhardt MC, Mankin HJ. Reconstruction of the distal aspect of the radius with use of an osteoarticular allograft after excision of a skeletal tumor. *J Bone Joint Surg [Am]* 1998; 80 : 407-419
- [39] Kumta SM, Leung PC, Yip K, Hung LK, Panozzo A, Kew J. Vascularized bone grafts in the treatment of juxta-articular giant-cell tumors of the bone. *J Reconstr Microsurgery* 1998; 14 : 185-190
- [40] Langlais F, Aubriot JH, Postel M, Tomeno B, Vielpau C. Prothèse de reconstruction de l'extrémité supérieure du fémur. Résultats à moyen terme de 20 résections pour tumeurs. Orientations actuelles. *Rev Chir Orthop Répar Appar Mot* 1986; 72 : 415-425
- [41] Langlais F, Languelin A. Prothèses de reconstruction de hanches pour tumeurs. In : Tomeno B, Forest M. Les tumeurs osseuses de l'appareil locomoteur. Paris : Shering-Plough, 1994 : 851-862
- [42] Lee MY, Finn HA, Lazda VA, Thistlethwaite JR Jr, Simon MA. Bone allografts are immunogenic and may preclude subsequent organ transplants. *Clin Orthop* 1997; 340 : 215-219
- [43] Lee SH, Kim HS, Park YB, Rhie TY, Lee HK. Prosthetic reconstruction for tumours of the distal tibia and fibula. *J Bone Joint Surg [Br]* 1999; 81 : 803-7
- [44] Lietman SA, Tomford WW, Gebhardt MC, Springfield DS, Mankin HJ. Complications of irradiated allografts in orthopaedic tumor surgery. *Clin Orthop* 2000; 375 : 214-217
- [45] Lord CF, Gebhardt MC, Tomford WW, Mankin HJ. Infection in bone allografts. Incidence, nature and treatment. *J Bone Joint Surg [Am]* 1988; 70 : 369-376
- [46] Loty B. Irradiation des allogreffes osseuses. In : Symposium sur les banques d'os. 62^e réunion annuelle de la SOFCOT. *Rev Chir Orthop* 1988; 74 : 116-117
- [47] Loty B. Allogreffes osseuses massives. Complications et analyse de la série. In : Symposium sur les banques d'os. 62^e réunion annuelle de la SOFCOT. *Rev Chir Orthop* 1988; 74 : 137-140
- [48] Malawer MM, Bickels J, Meller I, Buch RG, Henshaw RM, Kollender Y. Cryosurgery in the treatment of giant cell tumor. A long-term follow-up study. *Clin Orthop* 1999; 359 : 176-188
- [49] Mankin HJ, Gebhardt MC, Jennings LC, Springfield DS, Tomford WW. Long-term results of allograft replacement in the management of bone tumors. *Clin Orthop* 1996; 324 : 86-97
- [50] Marcove RC, Lewis MM, Huvos AG. En bloc upper humeral interscapulo-thoracic resection. The Tikkor-Linberg procedure. *Clin Orthop* 1977; 124 : 219-228
- [51] Marcove RC, Lyden JP, Huvos AG, Bullough PB. Giant cell tumors treated by cryosurgery. *J Bone J Surg [Am]* 1973; 55 : 1633-1644
- [52] Mascard E, Anract P, Touchene A, Pouillard P, Tomeno B. Complications des prothèses à charnière GUEPAR après résection du genou pour tumeur. *Rev Chir Orthop Répar Appar Mot* 1998; 84 : 628-637
- [53] Maurer P. Les amputations dans les tumeurs malignes des membres. In : Tomeno B, Forest M. Les tumeurs osseuses de l'appareil locomoteur. Paris : Shering-Plough, 1994 : 799-812
- [54] Meller I, Ariche A, Sagi A. The role of the gastrocnemius muscle flap in limb-sparing surgery for bone sarcomas of the distal femur: a proposed classification of muscle transfers. *Plast Reconstr Surg* 1997; 99 : 751-756
- [55] Merle D'Aubigné R, Meary R, Thomine JM. La résection dans le traitement des tumeurs des os. *Rev Chir Orthop* 1966; 52 : 305-324
- [56] Meyer MS, Spanier SS, Moser M, Scarborough MT. Evaluating marrow margins for resection of osteosarcoma. A modern approach. *Clin Orthop* 1999; 363 : 170-175
- [57] Nelson CG, Krishnan EC, Neff JR. Consideration of physical parameters to predict thermal necrosis in acrylic cement implants at the site of giant cell tumors of bone. *Med Phys* 1986; 13 : 462-468
- [58] Nordstrom DC, Santavirta S, Aho A, Heikkilä J, Teppo AM, Kontinen YT. Immune responses to osteoarticular allografts of the knee-cytokine studies. *Arch Orthop Trauma Surg* 1999; 119 : 195-198

- [59] O'Connor MI, Sim FH, Chao EY. Limb salvage for neoplasms of the shoulder girdle. Intermediate reconstructive and functional results. *J Bone Joint Surg [Am]* 1996 ; 78 : 1872-1888
- [60] Ottolenghi CE. Massive osteo and osteo-articular bone grafts. Technic and results of 62 cases. *Clin Orthop* 1972 ; 87 : 156-164
- [61] Ozaki T, Nakatsuka Y, Kunisada T, Kawai A, Dan'ura T, Naito N et al. High complication rate of reconstruction using Ilizarov bone transport method in patients with bone sarcomas. *Arch Orthop Trauma Surg* 1998 ; 118 : 136-139
- [62] Parrish FF. Allograft replacement of all or part of the end of a long bone following excision of a tumor. *J Bone Joint Surg [Am]* 1973 ; 55 : 1-22
- [63] Petschnig R, Baron R, Kotz R, Ritschl P, Engel A. Muscle function after endoprosthetic replacement of the proximal tibia. Different techniques for extensor reconstruction in 17 tumor patients. *Acta Orthop Scand* 1995 ; 66 : 266-270
- [64] Poitout D. Allogreffes massives. Problèmes articulaires. In : Symposium sur les banques d'os. 62^e réunion annuelle de la SOFCOT. *Rev Chir Orthop* 1988 ; 74 : 134-136
- [65] Poitout D, Tropiano P, Bernat M, Martin G. Diagnostic et traitement des sarcomes ostéogéniques ; techniques de reconstruction. L'avenir. *Chirurgie* 1994 ; 120 : 204-215
- [66] Poitout DG, Tropiano P. Reconstruction du cotyle après chirurgie itérative de la hanche (à propos de 38 cas). *Bull Acad Natl Med* 1996 ; 24 : 515-528
- [67] Rasmussen MR, Bishop AT, Wood MB. Arthrodesis of the knee with a vascularized fibular rotatory graft. *J Bone Joint Surg [Am]* 1995 ; 77 : 751-759
- [68] Salai M, Rahamimov N, Pritch M, Rotstein Z, Horosowski H. Massive bone allografts in the treatment of pathologic fractures due to bone metastases. *J Surg Oncol* 1997 ; 66 : 93-96
- [69] Sarfati PO, Bonnichon P, Pariente D, Tomeno B, Chapuis Y. Monobloc resection of the upper extremity of the leg for bone tumor with distal vascular reconstruction. *Ann Vasc Surg* 1991 ; 5 : 556-558
- [70] Schiller C, Windhager R, Fellingner EJ, Salzer-Kuntschik M, Kaider A, Kotz R. Extendable tumour endoprostheses for the leg in children. *J Bone Surg [Br]* 1995 ; 77 : 608-614
- [71] Schindler OS, Cannon SR, Briggs TW, Blunn GW, Grimer RJ, Walker PS. Use of extendable total femoral replacements in children with malignant bone tumors. *Clin Orthop* 1998 ; 357 : 157-170
- [72] Smith XS, Struhl S. Replantation of an autoclaved autogenous segment of bone for treatment of chondrosarcoma. Long-term follow-up. *J Bone Joint Surg [Am]* 1988 ; 70 : 70-75
- [73] Stevenson S, Li XQ, Davy DT, Klein L, Goldberg VM. Critical biological determinants of incorporation of non-vascularized cortical bone grafts. Quantification of a complex process and structure. *J Bone Joint Surg [Am]* 1997 ; 79 : 1-16
- [74] Strong DM, Friedlaender GE, Tomford WW, Springfield DS, Shives TC, Burchardt H et al. Immunologic responses in human recipients of osseous and osteochondral allografts. A correlation between immunology responses and clinical outcome. *Clin Orthop* 1996 ; 326 : 107-114
- [75] Tan MH, Mankin HJ. Blood transfusion and bone allografts. Effect on infection and outcome. *Clin Orthop* 1997 ; (340) : 207-214
- [76] Tomeno B. Résection : introduction, généralités, terminologie. In : Tomeno B, Forest M. Les tumeurs osseuses de l'appareil locomoteur. Paris : Shering-Plough, 1994 : 787-789
- [77] Tomeno B. Les résections-reconstructions pour tumeurs du bassin. In : Tomeno B, Forest M. Les tumeurs osseuses de l'appareil locomoteur. Paris : Shering-Plough, 1994 : 897-908
- [78] Tomeno B, Anract P, Ouaknine M. Psychological management, prevention and treatment of phantom pain after amputations for tumours. *Int Orthop* 1998 ; 22 (3) : 205-208
- [79] Tomeno B, Gerber C. Les résections-reconstructions diaphysaires des grands os des membres en pathologie tumorale. À propos de 23 cas. *Rev Chir Orthop* 1987 ; 73 (2) : 131-136
- [80] Tomford WW, Doppelt SH, Mankin HJ, Friedlaender GE. 1983 bone bank procedures. *Clin Orthop* 1983 ; 174 : 15-21
- [81] Tsuchiya H, Tomita K, Minematsu K, Mori Y, Asada N, Kitano S. Limb salvage using distraction osteogenesis. A classification of the technique. *J Bone Joint Surg [Br]* 1997 ; 79 : 403-411
- [82] Unwin PS, Cobb JP, Walker PS. Distal femoral arthroplasty using custom-made prostheses. The first 218 cases. *J Arthroplasty* 1993 ; 8 (3) : 259-268
- [83] Vielpeau C, Tomeno B. Prothèses massives de reconstruction du genou. In : Tomeno B, Forest M. Les tumeurs osseuses de l'appareil locomoteur. Paris : Shering-Plough, 1994 : 863-872
- [84] Vinh TS, Tomeno B. Résection-arthrodèse du genou : techniques, indications et résultats fonctionnels. In : Tomeno B, Forest M. Les tumeurs osseuses de l'appareil locomoteur. Paris : Shering-Plough, 1994 : 841-850
- [85] Voggenreiter G, Assenmacher S, Schmit-Neuerburg KP. Tikkor-Linberg procedure for bone and soft tissue tumors of the shoulder girdle. *Arch Surg* 1999 ; 134 (3) : 252-257
- [86] Volkov M. Allograft transplantation of joints. *J Bone Joint Surg [Br]* 1970 ; 52 (1) : 49-53
- [87] Weiner SD, Scarborough M, van der Griend RA. Resection arthrodesis of the knee with an intercalary allograft. *J Bone Joint Surg [Am]* 1996 ; 78 : 185-192
- [88] Wolf RE, Scarborough MT, Enneking WF. Long-term follow-up of patients with autogenous resection arthrodesis of the knee. *Clin Orthop* 1999 ; 358 : 36-40
- [89] Wuisman PI, Jijya TU, van Dijk M, Sugihara S, van Royen BJ, Winters HA. Free vascularized bone graft in spinal surgery: indications and outcome in eight cases. *Eur Spine J* 1999 ; 8 (4) : 296-303
- [90] Yajima H, Tamai S, Ono H, Kizaki K, Yamauchi T. Free vascularized fibula grafts in surgery of the upper limb. *J Reconstr Microsurg* 1999 ; 15 (7) : 515-521
- [91] Zehr RJ, Enneking WF, Scarborough MT. Allograft-prosthesis composite versus megaprosthesis in proximal femoral reconstruction. *Clin Orthop* 1996 ; 322 : 207-223