

c0065

## Chapitre 13

# Lésions ostéocartilagineuses du genou

## Indications dans les pertes de substance, les ostéochondrites et les fractures ostéochondrales

H. Robert, F. Almqvist

Chef de service, service d'orthopédie-traumatologie, Centre hospitalier du Nord-Mayenne, Mayenne

### RÉSUMÉ

Les lésions chondrales ou ostéochondrales du genou sont fréquentes, souvent méconnues et de traitement difficile. La prise en charge impose un bilan de la lésion (siège, taille, profondeur) du genou (stabilité, axe en charge) et du patient (niveau de gêne fonctionnelle, niveau sportif, indice de masse corporelle, etc.). Les traitements peuvent être classés en gestes palliatifs (traitement médical, débridement simple), gestes réparatifs (microperforations, matrices acellulaires) et gestes régénératifs (auto- et allogreffes en mosaïque, greffes cellulaires de 1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> générations). L'instabilité ou la désaxation seront traitées préalablement ou simultanément.

Dans les pertes de substance post-traumatiques, les indications dépendent essentiellement du siège et de la surface. Pour les condyles, seules les lésions > 1 cm<sup>2</sup> méritent un traitement. Entre 1 et 2 cm<sup>2</sup>, on peut proposer des microperforations ou des autogreffes ostéochondrales; entre 2 et 4 cm<sup>2</sup>, on propose des microperforations associées à une matrice acellulaire ou une greffe de chondrocytes; au-delà de 4 cm<sup>2</sup>, on réalisera des greffes de chondrocytes ou un Mega-OATS<sup>®</sup>. Pour la rotule (ou patella), le recentrage sera associé à un débridement ou des greffes en mosaïque.

Dans les ostéochondrites juvéniles, les lésions stables le plus souvent guérissent, mais au-delà de 6 mois de surveillance, des perforations trans-chondrales multiples isolées ou associées à une fixation (vis, ou clous résorbables de préférence) seront proposées. En cas de lésion instable, si le fragment est vivant, une fixation solide éventuellement renforcée par des plots ostéochondraux sera proposée. Si le fragment est nécrotique, il sera réséqué et une reconstruction par greffe sera réalisée. Dans les ostéochondrites de l'adulte, le traitement sera d'emblée chirurgical et fonction de la stabilité et de la vitalité.

Dans les fractures chondrales de l'enfant, une tentative de collage par fibrine ou suture est possible. Dans les fractures ostéochondrales, une refixation par vis, clous, broches est souhaitable. Le traitement de l'instabilité patellaire associée sera réalisé de préférence secondairement.

La réparation des lésions chondrales et ostéochondrales reste un challenge difficile, en constante évolution, avec des techniques nouvelles issues de la recherche. Les preuves cliniques de leur efficacité voire de leur supériorité sont très difficiles à obtenir à partir d'études randomisées, souvent multicentriques et de durée de suivi insuffisante. Aucune technique actuelle n'a fait la preuve de sa supériorité et aucune ne peut régénérer un cartilage hyalin. L'émergence en France de centres d'excellence dans la réparation cartilagineuse pourrait permettre d'acquérir la maîtrise des indications, de développer la recherche et de rivaliser avec les équipes étrangères organisées autour de cette thématique.

### MOTS CLÉS

Microperforations. – Greffes en mosaïque. – Greffes de chondrocytes. – Gels chondro-inducteurs. – Matrices acellulaires

Les lésions chondrales ou ostéochondrales du genou sont fréquentes (30 % de lésions isolées dont 36 % de lésions profondes), souvent post-traumatiques et latentes [20, 78]. Les lésions plus ou moins profondes et étendues sont de réparation spontanée partielle voire nulle. « *Cartilage is a troublesome problem and once destroyed, it never repairs* » (William Hunter, 1743). L'évolution d'une lésion chondrale profonde est difficile à prévoir; elle dépend de sa taille, de sa localisation, de facteurs locaux (état méniscal, ligamentaire, congruence articulaire), de facteurs régionaux (axe en charge, impacts sportifs) et de facteurs généraux (âge, poids, prédisposition génétique à l'arthrose, etc.). Ces lésions peuvent devenir symptomatiques au quotidien et dans la pratique sportive. En l'absence de traitement, elles peuvent évoluer vers une arthrose [9]. Leur prise en charge est discutée et nous présenterons les différentes techniques et les indications à la lumière des travaux les plus récents. Nous traiterons des pertes de substance chondrales, ostéochondrales, des ostéochondrites et des fractures ostéochondrales, à l'exclusion des lésions dégénératives et de l'arthrose.

## Prise en charge des pertes de substance chondrale et ostéochondrale d'origine traumatique

### Le patient

Les conditions de survenue d'une lésion chondrale sont importantes à préciser : date, circonstances, suites immédiates et évolution initiale spontanée ou après traitement. Chez les sportifs de haut niveau, il s'agit souvent de pathologie microtraumatique liée à des gestes répétés : impactions, rotations, décélérations. Chez les sportifs de loisir, il s'agit

## PATHOLOGIES TISSULAIRES

### Lésions ostéocartilagineuses du genou

d'un traumatisme bien identifié à une date précise. Le délai de prise en charge est essentiel; ainsi, une lésion condylienne datant de plusieurs mois aura pu évoluer, s'étendre et retentir sur le tibia et parallèlement le sportif sera déconditionné. La symptomatologie des traumatismes chondraux n'est pas spécifique. Le diagnostic doit être évoqué devant des douleurs localisées, mécaniques, dans certaines positions de contrainte du genou, devant des sensations d'accrochages voire de blocage, ou en cas d'hydarthrose. En cas de pathologie méniscale associée, la symptomatologie méniscale domine et masque celle de la lésion chondrale. En cas de rupture ligamentaire (ligament croisé antérieur [LCA], ligaments collatéraux médial et latéral [LCM, LCL]), la présence de douleurs persistantes, d'accrochages doit faire suspecter une lésion associée, chondrale ou méniscale. Les lésions sont évidemment plus fréquentes chez les athlètes que dans la population générale, mais seulement la moitié des athlètes seront symptomatiques [20]. Les lésions asymptomatiques fémorotibiales entraînent une perte volumétrique régulière de cartilage qui conduira à une arthrose précoce [13]. La prise en charge de ces lésions asymptomatiques reste discutée. La réduction des sports à impact et pivot est conseillée et les lésions doivent être surveillées sur le plan clinique voire en imagerie par résonance magnétique (IRM), lorsqu'elles sont étendues et en zone portante [51]. En cas d'aggravation, une prise en charge chirurgicale peut se discuter [51].

L'âge est un facteur important dans l'indication et il est souhaitable d'opérer avant 50 ans [7]. Le patient ne doit pas être obèse (indice de masse corporelle [IMC] < 30 kg/m<sup>2</sup>) ou dépressif sous traitement. Aux États-Unis, certaines assurances ne prennent pas en charge des patients dont l'IMC > 30 kg/m<sup>2</sup>; d'autres ont mis le seuil à 35 kg/m<sup>2</sup>. Les addictions majeures (alcool, toxicomanie) sont une contre-indication absolue; le tabagisme ne l'est plus après un sevrage d'au moins 6 semaines [51].

Le bilan fonctionnel du genou symptomatique doit être évalué et chiffré avec des scores validés : échelle visuelle analogique de la douleur (EVA), KOOS (Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score; [www.koos.nu](http://www.koos.nu)) et ICRS (score de l'International Cartilage Repair Society; [www.cartilage.org](http://www.cartilage.org)) de préférence. Les études multicentriques de réparation chondrale réalisées en France incluent habituellement des patients dont l'EVA est supérieure à 6/10 points, et le score ICRS < 55/100 points. L'examen clinique complet du genou s'impose : mobilité, stabilité, axe en charge, centrage patellaire, musculature, etc.

### La lésion

L'analyse de la lésion repose sur un bilan d'imagerie décrit précédemment, et incluant des radiographies (grand axe en appui monopodal, radiographies comparatives de face en schuss, un profil en extension, un fémoropatellaire à 30°), une IRM avec des séquences cartilagineuses (FSE [fast spin echo] T2 en saturation des graisses et gradient d'écho T1 en haute résolution, voire une arthro-IRM ou un arthroscanner. L'ICRS a mis à la disposition des chirurgiens un package pour préciser le siège (condylienne, tibial ou patellaire), la localisa-

tion (9 secteurs par surface articulaire) et la profondeur (grades I à IV) des lésions ([www.cartilage.org](http://www.cartilage.org)). L'existence de « bone bruise » sous-chondral et étendu traduisant un œdème intra-osseux est associée à des résultats cliniques moins bons.

Expérimentalement, il a été démontré que des lésions condyliennes de taille supérieure à 1 cm de diamètre exposent le cartilage périphérique à des sur-contraintes. Il existe un seuil minimal de taille (10 mm de diamètre, soit 0,8 cm<sup>2</sup> de surface) pour le traitement des lésions fémorotibiales, en zone portante, mais pas pour la fémoropatellaire. Les lésions isolées de grade III ou IV, de diamètre supérieur à 1 cm, sont retrouvées dans 5 % des arthroscopies, mais dans 26 % des ruptures du LCA et 42 % des lésions méniscales [29]. La taille lésionnelle est importante pour l'évolution; ainsi, une petite lésion de 2 cm de diamètre dont les berges sont bien limitées sera longtemps bien tolérée; au-delà, il existera un processus d'aggravation à la mise en charge. Ces lésions ne seront évolutives que si elles sont en zone portante et profonde; les lésions superficielles sont réputées peu ou pas évolutives (figure 13.1). Ce bilan lésionnel préopératoire doit permettre une bonne cartographie pour guider la décision. Il faudra s'assurer d'une bonne correspondance entre la symptomatologie, les zones douloureuses et la lésion authentifiée au terme du bilan. L'arthroscopie reste le « gold standard » pour préciser la lésion et permet de faire une mesure de surface et de profondeur après le débridement (figure 13.2a,b). Les mesures peropératoires de surface doivent être réalisées avec une règle et non avec un crochet gradué, qui surestime la lésion (figure 13.3). L'utilisation de l'arc lésionnel sur le condyle permet de situer et de mesurer la hauteur de la lésion sur les condyles [61].

### Les différentes techniques

Chaque technique sera présentée brièvement; ses résultats significatifs seront rapportés et les indications dégagées.

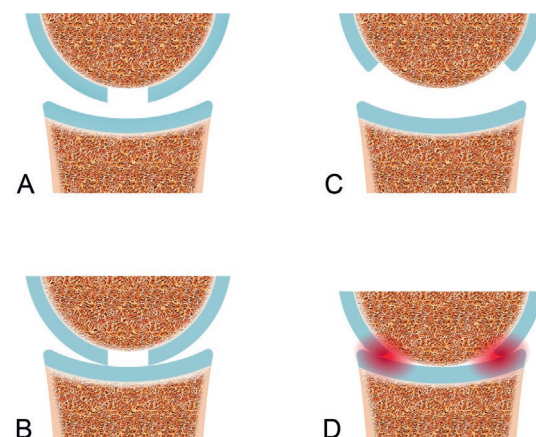


Figure 13.1. La taille de la lésion est essentielle pour son évolutivité. Une lésion de petite taille (1 cm de diamètre) se modifiera peu à l'appui, les berges prendront les contraintes (a et b), alors qu'une lésion de grande taille exposera directement l'os sous-chondral et le cartilage marginal (c et d). Ainsi, une petite lésion ( $\varnothing < 1$  cm) non symptomatique ne doit pas être traitée.



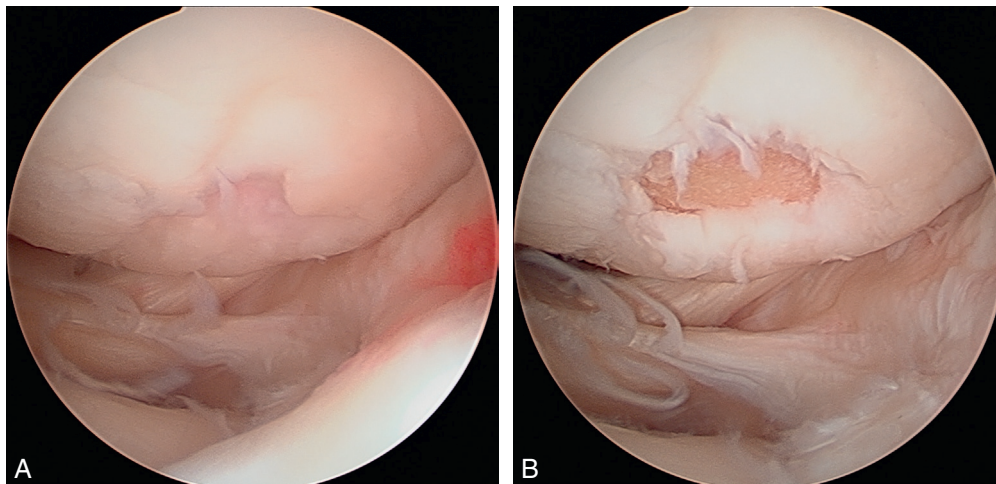


Figure 13.2. a. Lésion chondrale condylienne latérale de stade III associée à un défaut méniscal. b. Après débridement chondral isolé.

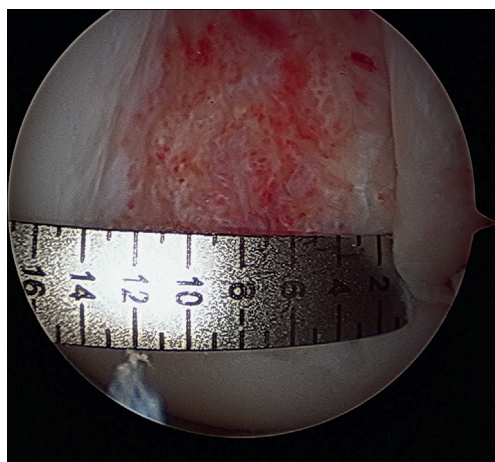


Figure 13.3. Mesure de la largeur d'une perte de substance condylienne avec une règlette.

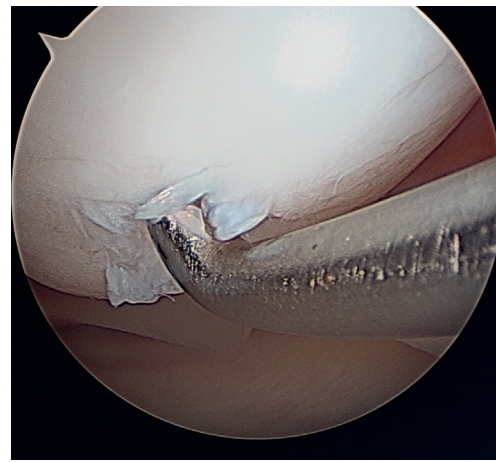


Figure 13.4. Lésion chondrale condylienne de stade II, de type lambeau instable.

### Traitement médical

Le traitement symptomatique associant un antalgique (aspirine, paracétamol) et un anti-inflammatoire non stéroïdien (AINS) est habituel en post-traumatique précoce. La mise en décharge et la mobilisation précoce sont utiles au début. Les AINS bloquent la production de prostaglandines et sont bien tolérés sur de courtes périodes. Le traitement par AINS a un effet antimétabolique (inhibition de la synthèse des glycosaminoglycanes) s'il est prolongé. Il n'y a pas de place pour l'anti-COX-2, sauf en cas de mauvaise tolérance des AINS classiques. Le traitement doit être court pour ne pas masquer la pathologie chondrale qu'il faudra dépister et prendre en charge sans retard [64]. Si la lésion est peu symptomatique ou le patient peu décidé à un traitement chirurgical, des mesures de protection du cartilage sont souhaitables : absence de prise de poids, maintien d'une activité physique régulière (marche, cyclisme, natation). Les injections intra-articulaires de corticoïdes n'ont pas d'indication logique, dans les lésions chondrales focales, en l'absence d'arthrose. L'acide hyaluronique a un effet chondroprotecteur et anti-inflammatoire et peut être injecté en monodose [23]. Le recours à des orthèses de décharge est possible en cas de lésion latéralisée, pour les périodes hyperalgiques.

### Débridement chondral

Le débridement peut être isolé ou constituer le premier temps d'un geste de réparation. Les berges instables sont régularisées jusqu'au tissu sain en enlevant la couche calcifiée, mais sans creuser l'os sous-chondral (voir figure 13.2a,b). On peut recourir au bistouri pour obtenir des berges verticales et saines. En cas de corps étrangers associés, leur extraction se fait soit par simple lavage avec une grosse canule s'ils sont petits, soit à la pince, parfois après fragmentation, s'ils sont volumineux. En fin d'intervention, il faut faire une mesure de la hauteur et de la largeur de la lésion avec une règlette, et de la profondeur en quatre grades (I à IV) selon la classification de l'ICRS (voir figure 13.3). Les lésions symptomatiques (sensations d'accrochage, douleurs) de grade II (figure 13.4) sont de bonnes indications d'un débridement économique, et les patients seront soulagés [8]; en revanche, les lésions de grade III relèvent d'un débridement complété par un autre geste. Les lésions plus profondes (grade IV) ne sont pas de bonnes indications du débridement isolé.

### Les techniques de stimulation du spongieux sous-chondral

Le principe de réparation cartilagineuse par des microperforations ou des microfractures est fondé sur la constitution d'un caillot qui sera progressivement envahi de cellules

## PATHOLOGIES TISSULAIRES

### Lésions ostéocartilagineuses du genou

multipotentielle de la moelle et de plaquettes [73]. Les cellules vont d'abord constituer un tissu fibreux qui va subir progressivement une métaplasie par des chondrocytes actifs; le tissu de réparation sera habituellement un mélange de fibrocartilage et de cartilage «hyaline-like». Richard Steadman a développé les microfractures au poinçon, puis une équipe canadienne a proposé des microperforations profondes à la mèche (figure 13.5a,b) [11]. Ces techniques sont de réalisation aisée pour les condyles, le tibia et la rotule, mais le devenir à moyen terme du tissu de réparation reste incertain. La qualité du geste technique, la mobilisation précoce du genou et la reprise d'appui adapté au siège lésionnel sont des facteurs déterminants pour la qualité de la réparation tissulaire. Une méta-analyse de 12 études randomisées, de niveaux 1 et 2, incluant 611 patients a été publiée par Mithoefer et al. [53]. Les lésions évoluaient depuis 2,5 ans en moyenne, mesuraient  $3 \pm 0,5 \text{ cm}^2$  et s'associaient dans un tiers des cas à une atteinte méniscale ou ligamentaire. Deux tiers des opérés avaient un bon ou un très bon résultat leur permettant la reprise des sports. Au-delà de 24 à 60 mois, une réduction partielle d'activité a été retrouvée dans un tiers des cas; néanmoins, elle restait supérieure au niveau préopératoire. La reprise des sports se faisait dans 44 à 100 % des cas (67 % en moyenne), à 8 mois en moyenne, durant 2 à 5 ans. Sur des suivis par IRM, il existait une bonne corrélation entre le volume de remplissage, l'intégration marginale et le résultat clinique [53]. Chez 21 footballeurs professionnels, la reprise au même niveau atteignait 95 % et se poursuivait durant 5 ans pour Steadman [74]. Dans la série de Gill et al., 40 patients sur 103 ont bénéficié d'une arthroscopie de contrôle et il existait dans la moitié des cas une réparation cartilagineuse simulant tout à fait un cartilage normal [21]. Knutsen et al. ont réalisé une étude randomisée entre les microfractures et les greffes de chondrocytes; ils ne retrouvaient pas de bénéfice clinique de l'une des deux techniques, mais les greffes offraient une plus grande proportion de tissu à prédominance hyaline [35].

**Les facteurs prédictifs favorables de ces séries sont : les lésions chondrales traumatiques, récentes de moins d'un an, de moins de  $2 \text{ cm}^2$  chez des sujets de moins de 35 ans, des sportifs motivés et si l'IMC est faible. La**

**contre-indication principale est le varus ou le valgus supérieur à  $5^\circ$  [35].**

Cette technique est également indiquée dans le cas des ruptures du LCA associées à une lésion chondrale profonde. Il s'agit d'un geste facile à réaliser sous arthroscopie, peu onéreux, souvent considéré comme un «*first line treatment option*» qui ne coupe pas les ponts [24].

#### Techniques d'augmentation

Beaucoup d'efforts des chirurgiens ont été déployés pour améliorer dans le temps les résultats des microfractures.

#### Matrices acellulaires

Le principe est de recouvrir la zone de microfractures ou de microperforations par une membrane résorbable qui favorise la différenciation des cellules souches mésenchymateuses en chondrocytes. Ces matrices tridimensionnelles sont biocompatibles, biodégradables et bioactives. L'objectif des membranes est de stabiliser le caillot, de concentrer les cellules mésenchymateuses et les facteurs de croissance pour améliorer la qualité du tissu de réparation fibrochondrocytaire et le protéger des contraintes (Bioreactor de Behrens). La technique avec la membrane de collagène types I/III ChondroGide® (Geistlich, Wolhusen, Suisse) dite Autologous Matrix Induced Chondrogenesis (AMIC®) est la plus répandue en Europe (figure 13.6a,b) [3]. Les principes restent les mêmes avec d'autres matrices (MaioRegen®, Chondrotissue®, Hyalofast®). La membrane MaioRegen® permet un comblement osseux et cartilagineux grâce à une matrice tridimensionnelle en trois couches (combinaison en proportion variable de collagène type I et d'hydroxyapatite) simulant la perte de substance ostéochondrale [36]. La perte de substance rectangulaire ou carrée est recouverte par la membrane stabilisée en *press-fit* seule ou par des broches résorbables (Smart Nail®), on peut aussi combiner une suture aux points cardinaux (Vicryl ou PDS® 4-0 et du Tissucol®). Les membranes seront progressivement résorbées. Il est possible d'enrichir la membrane par une injection de plasma riche en plaquettes (PRP); c'est la technique «AMIC® plus» décrite par Dhollander et al. [16]. L'injection de PRP est faite sous la membrane, avant

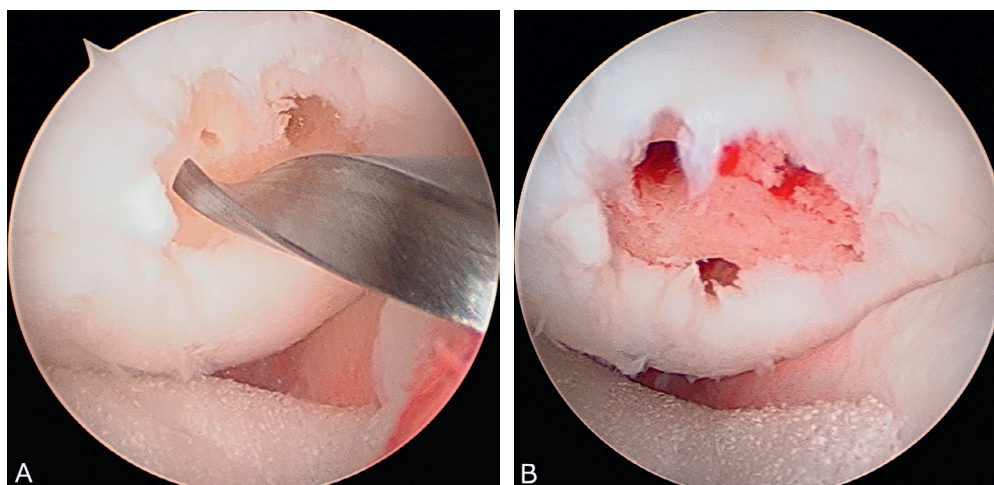


Figure 13.5. a. Lésion condylienne après avivement. b. Lésion microperforée à la mèche.



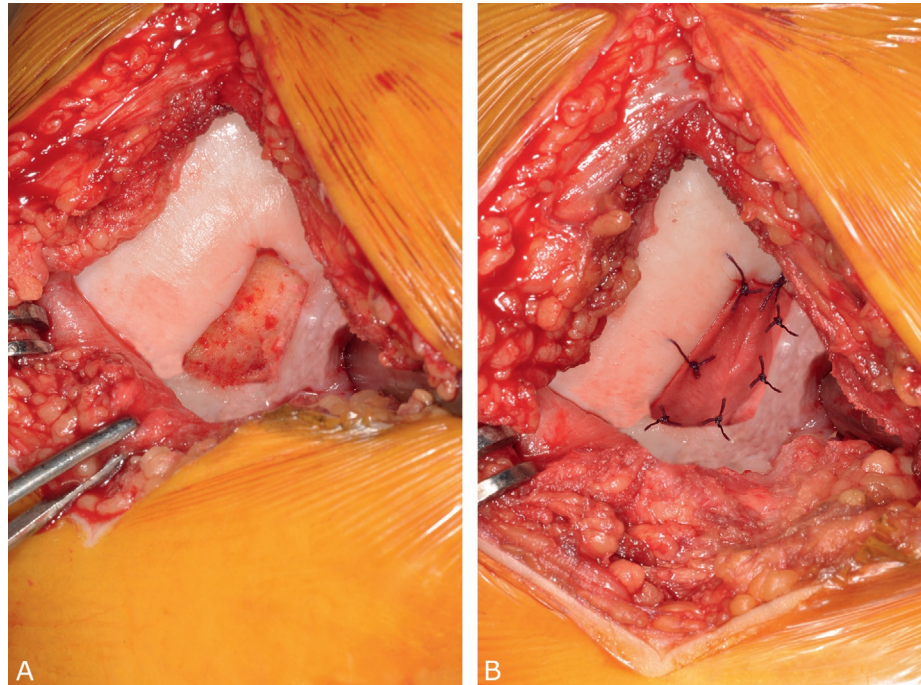


Figure 13.6. a. Perte de substance ostéochondrale du condyle après avivement. b. Après microperforations, mise en place et suture par une mini-arthrotomie d'une membrane de collagène I/III (technique AMIC®).

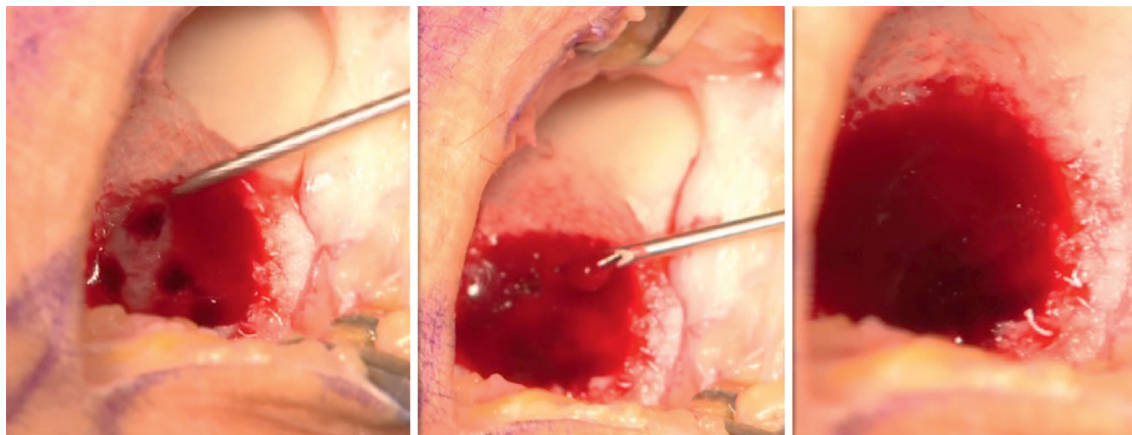


Figure 13.7. Défect ostéochondral condylien progressivement recouvert par une solution de Chitosan mélangé au sang du patient (BST-CarGel®).

sa suture complète. Il s'agit d'une technique en un temps, sans culture cellulaire préalable, donc plus adaptable à la surface lésionnelle et plus disponible au bloc opératoire.

Les résultats à 2 ans avec la technique AMIC® sont encourageants sur le plan clinique, mais les résultats à moyen terme manquent [7, 79]. L'étude histologique de Siclari et al. porte sur 4 biopsies à 18 mois au minimum après implantation d'une membrane PGA-acide hyaluronique recouverte de PRP (Chondrotissu®); elle a mis en évidence un tissu « *hyaline-like* » [72]. Même si les résultats préliminaires sont prometteurs, il est difficile aujourd'hui de choisir telle ou telle membrane, en l'absence de résultats comparatifs à long terme par rapport aux microfractures isolées.

**Les indications des matrices sont les lésions condyliennes, chondrales ou ostéochondrales, de surface > 2 cm<sup>2</sup>, de grades III et IV de l'ICRS.**

#### Gels

Le gel BST-CarGel® (Piramal, Laval, Québec, Canada) est une solution liquide de Chitosan (polysaccharide) qui est

mélangé en peropératoire au sang (5 ml) du patient. Le composite caillot-Chitosan adhère au défaut ostéochondral, attire et stimule la différenciation des cellules souches mésenchymateuses [70]. Le caractère chondro-inducteur a été prouvé chez le mouton [30], puis dans une étude clinique de phase III en comparaison avec les microfractures [50]. Les résultats histologiques (architecture du collagène et scores ICRS) et les IRM quantitatives (pourcentage de remplissage et T2 mapping) sont en faveur du groupe BST-CarGel®; en revanche, il n'y a pas de différence clinique à 13 mois de recul [71]. La rééducation et la mise en charge sont plus lentes qu'avec les techniques d'augmentation avec matrices [71].

Le défaut est débridé sous arthroscopie ou mini-arthrotomie pour obtenir une perte de substance bien limitée, microperforée puis séchée. Le mélange sang-Chitosan est versé au goutte à goutte, sans débordement dans la lésion positionnée horizontalement (genou en hyperflexion) (figure 13.7). La solidification prend 15 minutes.



## PATHOLOGIES TISSULAIRES

### Lésions ostéocartilagineuses du genou

**Les indications des gels sont les lésions condyliennes traumatiques, de grades III et IV de l'ICRS, localisées, de taille supérieure à 2 cm<sup>2</sup>.**

#### Autogreffes ostéochondrales en mosaïque

Le principe est de combler en un temps les pertes de substance par plusieurs autogreffes cylindriques, de grande taille (>8 mm de diamètre), prélevées sur des zones peu fonctionnelles du genou et implantées en *press-fit* (figures 13.8, 13.9, 13.10). Ces greffes doivent couvrir plus de 80 % de la lésion et restaurent immédiatement une surface hyaline et congruente [60].

La série de Hangody et al. sur 597 lésions condyliennes et 118 lésions fémoropatellaires à 10 ans de recul au maximum présente les résultats suivants : 92 % de bons et très bons résultats cliniques pour le condyle, 84 % pour le tibia et 79 % pour la fémoropatellaire [27]. Les contrôles IRM retrouvent une fusion osseuse et cartilagineuse sur la zone receveuse et une bonne congruence de la néosurface. Le cartilage analysé sur 83 biopsies a retrouvé un cartilage hyalin dans 83 % des cas (collagène type II et glycosaminoglycanes). Sur une série de 61 footballeurs professionnels, Panics et al. rapportent 79 % de reprises au même niveau pour des greffes condyliennes isolées ou associées à une plastie du LCA (28 sur 56 patients), mais aucune reprise pour les greffes patellaires ou tibiales [56]. Ollat et al. ont publié les résultats d'une étude

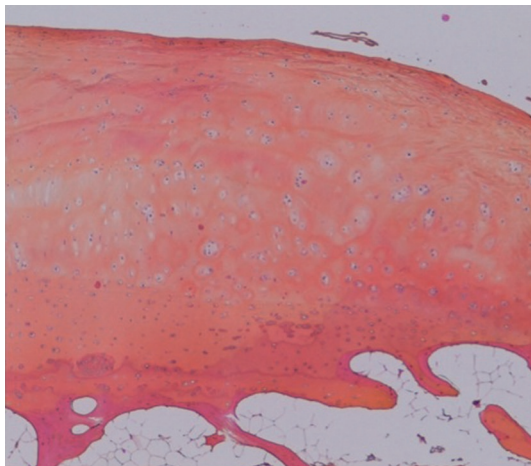


Figure 13.8. Unité ostéochondrale prélevée lors d'une greffe en mosaïque.

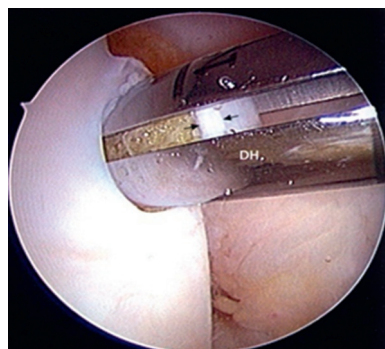


Figure 13.9. Prélèvement sous arthroscopie d'une greffe ostéochondrale sur la trochlée médiale.

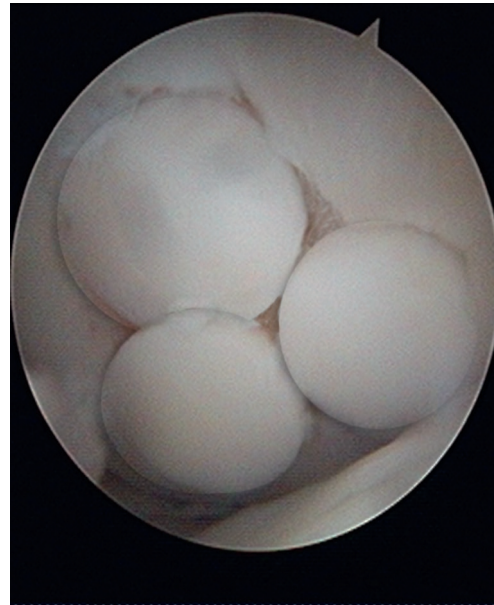


Figure 13.10. Contrôle scopique de trois greffons condyliens en mosaïque.

multicentrique de la Société française d'arthroscopie (SFA) sur 142 cas : au recul moyen de 8 ans, 82 % des résultats sont satisfaisants [55]. Marcacci et al. confirment l'intérêt de limiter le nombre des greffes et d'utiliser des plots de grande taille [48]. Les mosaïques offrent des résultats au moins aussi bons que les greffes de chondrocytes pour des lésions de petite taille [31].

Les facteurs favorables issus de ces études sont : le sexe masculin, la surface inférieure à 2 cm<sup>2</sup>, les lésions du condyle médial et un délai accident-chirurgie court. Comme pour les microperforations, les résultats des greffes peuvent se dégrader avec le recul [48, 55].

Les **avantages des mosaïcplasties** sont : la simplicité de la technique opératoire réalisée en un temps, l'apport de tissu cartilagineux autologue vivant, le faible coût, la faible morbidité, la rapidité de reprise des sports.

Les **inconvenients** sont liés aux possibles douleurs initiales de la zone prélevée, à l'absence d'intégration complète des berges chondrales des plots, aux difficultés pour restaurer une bonne congruence. Il reste une incertitude sur le comportement à long terme des greffes car la zone donneuse n'a pas les mêmes caractéristiques mécaniques que la zone receveuse ni la même épaisseur; un décalage des « tide-marks » entre les greffons est observé très fréquemment à l'IRM (figure 13.11a,b). L'implantation de greffes synthétiques (TruFit®) en PDLLA-PGA à la place des autogreffes évite les aléas des zones de prélèvement, mais les résultats cliniques ne semblent pas aussi bons, et l'intégration est plus tardive [28].

**Actuellement, les mosaïcplasties sont à réserver à des sujets de moins de 50 ans, porteurs d'une lésion condylienne, profonde (grades III et IV de l'ICRS), localisée, inférieure à 2 cm<sup>2</sup>, nécessitant moins de 6 greffons, sans lésion en miroir et sans désaxation du genou [21]. Les mosaïcplasties sont également possibles sur des lésions tibiales.**

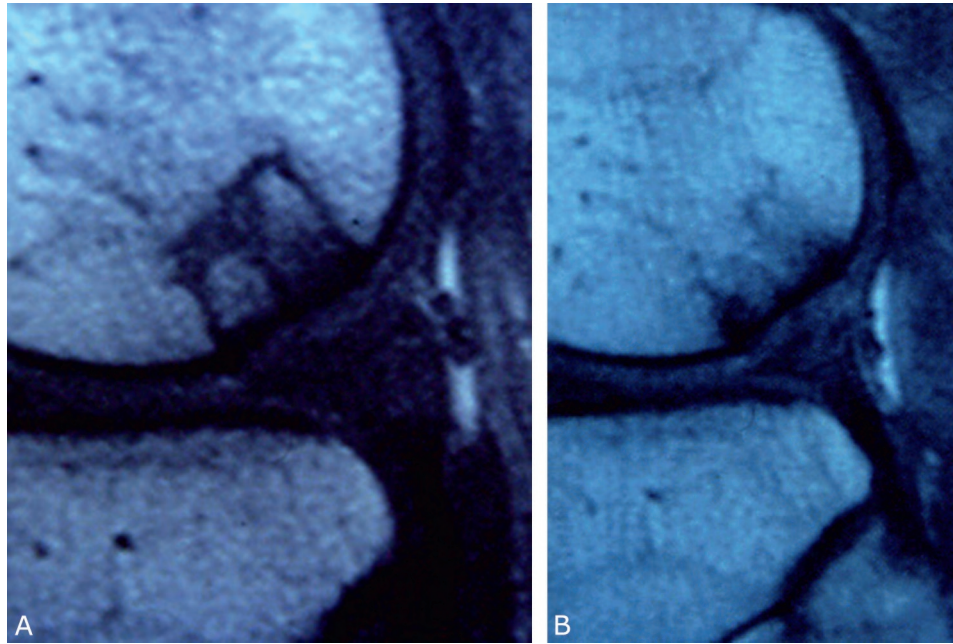


Figure 13.11. a. IRM à 3 mois postopératoire d'une double greffe ostéochondrale, pas de signe d'instabilité. b. À 6 mois, bonne intégration osseuse mais décalage des *tide-marks*.

En cas de lésion de grande surface ( $>4 \text{ cm}^2$ ), il est possible d'utiliser le condyle interne postérieur, avec une instrumentation spécifique (Mega-OATS®). La greffe sera modelée à la taille exacte de la perte de substance et implantée en *press-fit*. Sur une série de 29 patients, 90 % étaient satisfaits et 55 % ont pu reprendre le sport au même niveau [1].

#### Allogreffes ostéochondrales

Il s'agit d'allogreffes ostéochondrales « fraîches » pour pouvoir conserver la viabilité des chondrocytes, l'architecture et les qualités mécaniques de la greffe. Les greffes sont conservées au maximum 28 jours à  $+4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Malgré une sélection rigoureuse des donneurs, des tests sérologiques (VIH, hépatites, etc.) et bactériologiques, il existe un risque résiduel de contamination du receveur (1 sur 150 000) [24]. Le risque de rejet immunologique n'est pas nul et peut expliquer des incorporations incomplètes sur l'IRM. Les dimensions de l'allogreffe doivent être très proches de celles du genou receveur. La technique pour les condyles est très voisine des mosaïcplasties, mais la couverture peut atteindre un diamètre lésionnel de 35 mm (figure 13.12). Les indications sont limitées aux lésions ostéochondrales étendues d'au moins  $4 \text{ cm}^2$  et aux échecs d'autres techniques de réparation chondrale. Le taux de survie à 10 ans, pour des remplacements condyliens, est de 85 % [25]. Cette technique d'allogreffe fraîche est utilisée en Belgique, aux États-Unis mais pas en France. Les allogreffes ostéochondrales congelées (conservées à  $-80 \text{ }^\circ\text{C}$  et pendant plusieurs années) ne permettent pas de maintenir la microarchitecture chondrale et sont vouées à l'échec au bout de quelques années [17].

**Les allogreffes fraîches ne sont indiquées que pour des lésions étendues et profondes chez des sujets jeunes.**

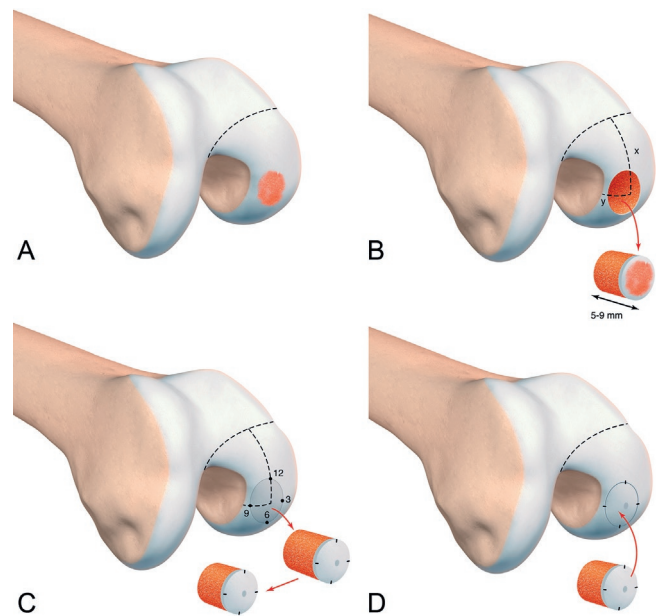


Figure 13.12. Greffe en mosaïque à partir d'une allogreffe massive et « fraîche ».

a. Lésion étendue de stade III du condyle médial. b. Forage orthogonal du puits receveur emportant un cylindre de 5 à 9 mm de profondeur; la position du tunnel est repérée par rapport au sulcus terminalis et à l'échancre. c. Sur l'allogreffe, le positionnement du greffon donneur est repéré, le forage est fait à un diamètre supérieur de 1 mm et la greffe est marquée aux points cardinaux. d. Le greffon est taillé à la bonne longueur puis impacté progressivement dans le puits receveur pour être affleurant.

#### Greffes cellulaires

La technique princeps de 1<sup>re</sup> génération (figure 13.13) repose sur la dynamique biologique du complexe chondrocytes-périoste. Des chondrocytes autologues cultivés sont injectés dans le défaut préparé, sous un lambeau périosté faisant office de patch, suturé à ses bords et étanchéifié (figure 13.14).



## PATHOLOGIES TISSULAIRES

### Lésions ostéocartilagineuses du genou

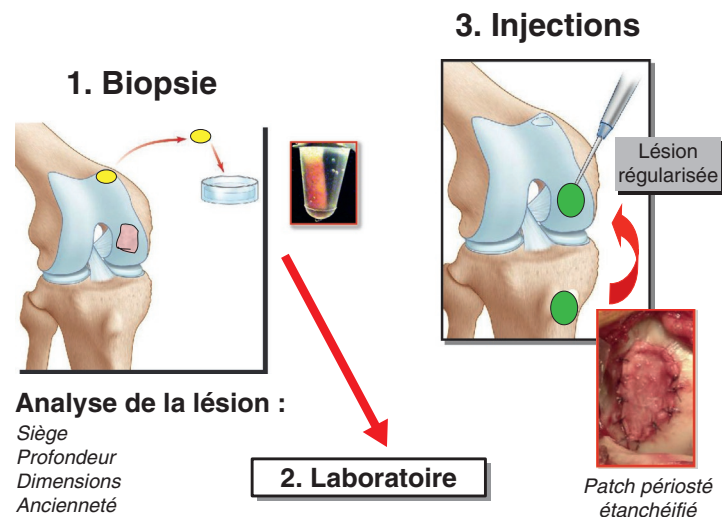


Figure 13.13. Technique de greffe de chondrocytes de 1<sup>re</sup> génération.

1<sup>er</sup> temps : sous arthroscopie, bilan lésionnel et biopsie chondrale au bord supérieur de la trochlée. 2<sup>e</sup> temps : isolement puis mise en culture des chondrocytes dans un laboratoire de thérapie cellulaire. 3<sup>e</sup> temps : injection de la culture cellulaire dans la lésion préparée et étanchéifiée par un patch périosté.

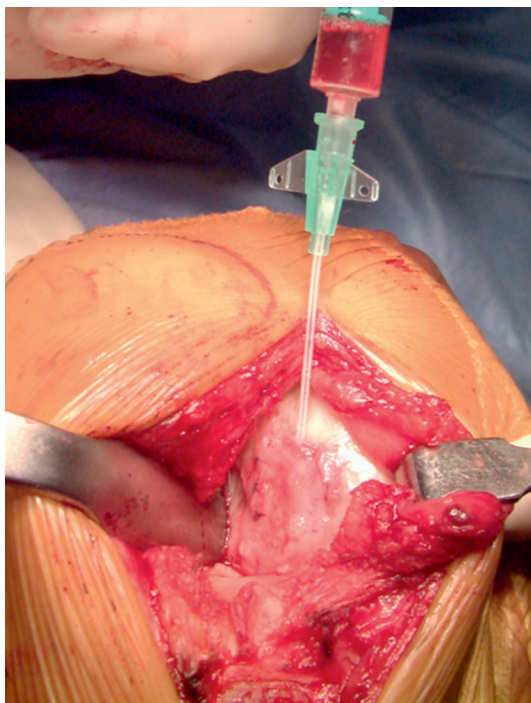


Figure 13.14. Greffe cellulaire de 1<sup>re</sup> génération du condyle médial, injection de la suspension cellulaire sous le lambeau périosté.

Au plan biologique, les chondrocytes autologues cultivés « ex vivo », en monocouche et soumis au procédé de dédifférenciation puis redifférenciation sur une période de 3 à 4 semaines permettent d'obtenir une régénération d'un tissu « hyaline-like » après leur autotransplantation. Le périoste, en plus de son rôle de couvercle et, pour certains, de membrane semi-perméable permettant la nutrition des chondrocytes transplantés par le liquide synovial, pourrait aussi jouer un rôle stimulateur de leur division et de leur croissance clonale, en apportant certains facteurs de croissance. Pour améliorer la qualité des chondrocytes transplantés, Saris et al. identifient et sélectionnent une sous-population de chondrocytes (*characterized chondrocyte implantation*) produisant plus de

cartilage « hyaline-like » (Chondrolect<sup>®</sup>, Tigenix, Belgique) [65]. Le tissu de réparation lors des biopsies à 1 an postopératoire révèle une meilleure macro-architecture qu'après les microfractures [65]. Les résultats cliniques à 3 ans de recul sont supérieurs à ceux des microfractures [66]. Les résultats des greffes de 1<sup>re</sup> génération s'appuient essentiellement sur des études suédoises dont le suivi est remarquable [57]. Les résultats de 215 patients sont probants, reproductibles et se maintiennent à un niveau satisfaisant au recul moyen de 12,8 ans (10 à 20 ans). Ces résultats ont été évalués par des scores cliniques (Lysholm, Tegner et KOOS), des révisions arthroscopiques, des biopsies (confirmation du phénotype « hyaline-like » à long terme) et des tests d'indentation. Quarante-vingt-dix pour cent de bons et excellents résultats cliniques sont retrouvés dans les lésions isolées du condyle fémoral, 74 % en cas de lésion associée du LCA, 70 % en cas de greffe patellaire. Enfin, ces études confirment l'excellente corrélation entre les résultats cliniques et l'histologie (>77 %). Ces résultats sont confirmés par ceux de Minas [52], de Robert [58], et de Bentley et al. dans une étude comparative avec les greffes en mosaïque [4]. La principale complication est liée à la présence du périoste qui peut se détacher partiellement (échec de la fixation initiale) ou s'hypertrophier (25 %). En cas d'hypertrophie, une arthroscopie de débridement est nécessaire dans l'année qui suit la greffe (20 % des cas pour Minas [52], 25 % pour Knutsen [35]). Les échecs se retrouvent dans les lésions bipolaires, mais la taille lésionnelle, l'âge, une méniscectomie partielle ne sont pas des facteurs défavorables [75]. Les microfractures préalables, sur une lésion de grande taille (>4 cm<sup>2</sup>), sont un facteur de mauvais pronostic [52]. Les échecs, habituellement dans les deux premières années, conduisant à une nouvelle greffe, sont estimés par Minas à 13 % [52]. Dans la 2<sup>e</sup> génération de greffe, le périoste a été remplacé par une membrane collagénique (Chondro-Gide<sup>®</sup>), ce qui facilite l'implantation et réduit le risque d'hypertrophie. Dans la 3<sup>e</sup> génération de greffe, les cellules chondrocytaires sont mises en culture dans la matrice, ce qui améliore la distribution



spatiale. Plusieurs matrices ont été utilisées en clinique, l'acide hyaluronique estérifié (Hyalograft C<sup>®</sup>), le collagène types I et III (MACI<sup>®</sup>) (figure 13.15), l'alginate et l'agarose (Cartipatch<sup>®</sup>) (figure 13.16a,b). Pour certaines matrices, l'implantation peut être réalisée sous arthroscopie grâce à la fixation de la membrane avec du Tissucol<sup>®</sup> dans la perte de substance ostéocondrale préparée [63]. Plusieurs couches de matrice chargée peuvent être superposées selon le principe du « mille-feuille » et implantées sous arthroscopie (figure 13.17a,b) [7]. La greffe type MACI<sup>®</sup> semble supérieure aux microfractures isolées dans une étude randomisée de niveau 1, à 2 ans de recul [6]. Avec la greffe MACI<sup>®</sup>, la reprise de l'appui complet à 8 semaines donne de meilleurs résultats qu'à 12 semaines.

Les **avantages des greffes cellulaires** sont : la réparation par un tissu « hyaline-like », la possibilité de couvrir de grandes pertes de substance, la stabilité dans le temps.

Les **inconvenients** des greffes sont la nécessité de deux temps opératoires espacés de 4 à 8 semaines, le coût élevé, même si l'on sait la complexité du procédé, notamment en termes de suivi et de sécurisation, la disponibilité en France actuellement, malgré les résultats encourageants de l'essai clinique de la SFA [58].

**Les greffes cellulaires sont à réserver aux lésions de grande taille, chez des jeunes sportifs ou après échec d'autres techniques.**

### Indications dans les pertes de substance focales

Les patients habituellement jeunes et symptomatiques, souhaitant poursuivre leurs activités sportives, sont demandeurs de gestes techniques efficaces. La forte motivation, le caractère optimiste, l'environnement social favorable sont de bons atouts pour une décision chirurgicale et pour de meilleurs résultats [18]. En l'absence de ces conditions, la décision doit rester prudente et réfléchie. Le choix du geste idéal reste difficile et dépend non seulement de la lésion (étendue, siège et profondeur), mais aussi de l'environnement du genou (axe mécanique, état méniscal, stabilité) et des facteurs généraux (âge, profession, sports, niveau sportif, poids, compliance aux contraintes postopératoires) [7, 52]. Il n'y a pas théoriquement d'indication isolée de ces techniques pour des lésions dégénératives en miroir ou pour l'arthrose. Aucune société savante internationale n'a proposé d'algorithme décisionnel qui fasse consensus. La littérature rapporte des tableaux décisionnels issus de groupes de chirurgiens impliqués dans la réparation ostéocondrale et qui reflètent leur expérience, leur habitude, leur préférence. Ces tableaux tiennent aussi compte des contraintes financières et réglementaires de leur pays. Nous avons proposé un tableau décisionnel prenant en compte la surface lésionnelle (figure 13.18) et il sera détaillé dans le texte.

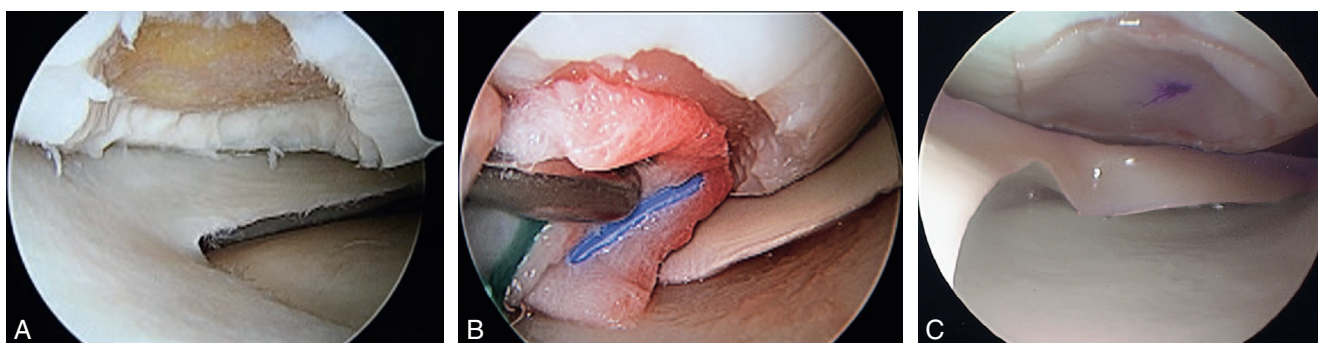
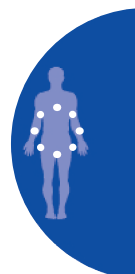


Figure 13.15. Greffe MACI<sup>®</sup> sous arthroscopie.

a. Lésion chondrale condylienne de stade III. b. Présentation de la membrane de collagène prédécoupée. c. fixation par du Tissucol<sup>®</sup>.

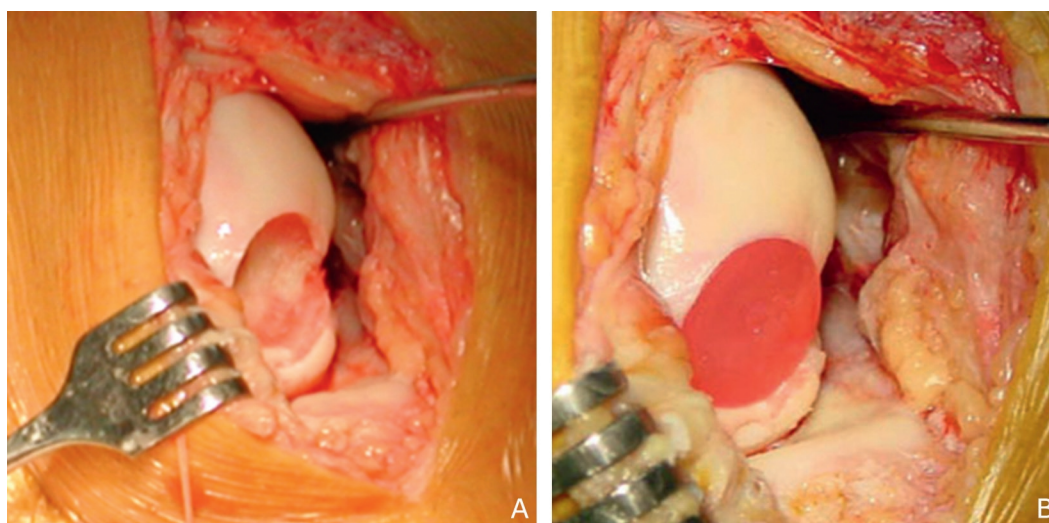


Figure 13.16. Greffe de 3<sup>e</sup> génération par greffe Cartipatch<sup>®</sup>.

a. Lésion condylienne traumatique de stade IV après avivement b. Mise en place du greffon Cartipatch<sup>®</sup>.

**PATHOLOGIES TISSULAIRES**

Lésions ostéocartilagineuses du genou

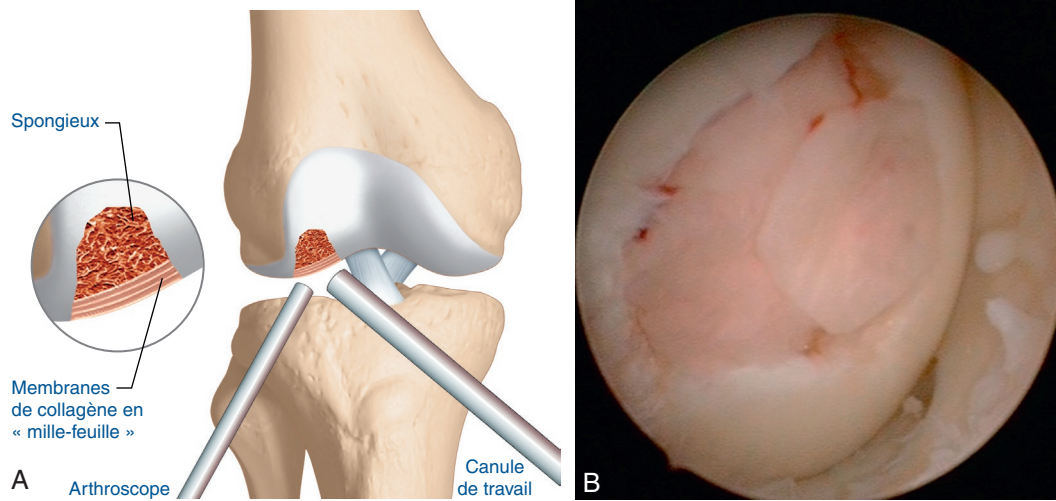


Figure 13.17. Contrôle arthroscopique de plusieurs greffes cellulaires avec matrice (Hyalograft®) selon la technique du « mille-feuille ». (Partie b : Collection de M. Brittberg.)

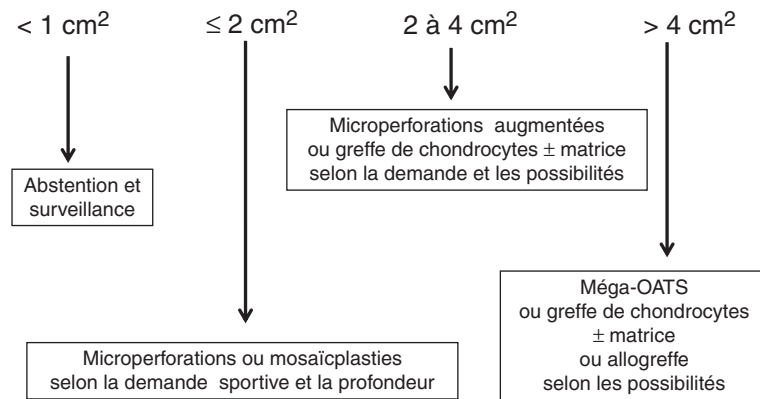


Figure 13.18. Choix thérapeutiques devant une perte de substance condylienne chondrale et ostéochondrale.

**Condyles fémoraux**

Les indications dans les pertes de substance traumatiques sont fonction de plusieurs paramètres.

**Profondeur**

Les pertes de substance superficielles (grades I et II de l'ICRS) ne sont pas des indications chirurgicales car elles ne sont pas habituellement symptomatiques. Le traitement médical a toute sa place. Exceptionnellement, un débridement économique en présence d'un lambeau chondral symptomatique, en l'absence d'autre lésion, sera réalisé. Les indications pour les grades III et IV dépendent de la surface, de l'âge, du niveau sportif, du LCA, des ménisques, de l'axe, etc.

**Surface lésionnelle (figure 13.18)**

Pour de petites lésions (<math>< 1 \text{ cm}^2</math>), l'abstention est de règle, sauf cas exceptionnel. En dessous de  $2 \text{ cm}^2$ , la réparation peut se faire par des microperforations, des microfractures ou des plots ostéochondraux en mosaïque. Il s'agit de techniques en un temps, peu onéreuses et réalisables sous arthroscopie. Chez les sujets très sportifs, les autogreffes ostéochondrales ont une meilleure durabilité que les microfractures. Entre 2 et  $4 \text{ cm}^2$ , on choisira entre des perforations isolées ou associées à une matrice, et une greffe de chondrocytes de 1<sup>re</sup> génération (Chondrolect®) ou de 3<sup>e</sup>

génération (avec matrice cellularisée). Au-delà de  $4 \text{ cm}^2$ , on choisira entre une greffe de chondrocytes de 1<sup>re</sup> ou 3<sup>e</sup> génération, un Mega-OATS® ou une allogreffe selon les disponibilités et l'état du sous-chondral. Si l'os sous-chondral est respecté, les greffes de chondrocytes sont possibles en monocouche; s'il est altéré (œdème, géodes, etc.), on préférera des greffes cellulaires de 3<sup>e</sup> génération en « mille-feuille » (voir figure 13.17) ou une allogreffe.

**Niveau sportif et âge**

Les sujets jeunes (<math>< 40 \text{ ans}</math>) et sportifs constituent le groupe le plus difficile à traiter, mais chez lesquels toutes les techniques ont les meilleurs taux de succès. L'idéal est d'obtenir un cartilage « hyaline-like » qui protégera le genou des impacts répétés à haute énergie, ce qui exclut a priori les gestes de stimulation médullaire. Les greffes ostéochondrales et les greffes cellulaires sont recommandées pour des lésions de petite taille, mais la reprise sportive sera plus rapide avec les greffes en mosaïque [26, 54]. Le taux de reprise du niveau sportif antérieur est plus élevé si la chirurgie est réalisée avant 1 an post-traumatique. Au-delà de 40 ans, les microfractures sont préférables sur des lésions bien limitées et les greffes ostéochondrales sur des lésions mal limitées mais de surface modeste. La chirurgie de réparation chondrale demeure raisonnable jusqu'à 50 ans. Les



greffes cellulaires restent possibles sur des lésions étendues chez des patients motivés et prévenus des suites plus longues, de l'association possible à une ostéotomie. Les patients en accident du travail sont de mauvais candidats à cette chirurgie complexe [52].

#### LCA et ménisques

L'atteinte du cartilage, habituellement condylienne médiale ou latérale, associée à la rupture du LCA posent un difficile problème en pré- et peropératoire. La lésion chondrale initiale doit être suspectée en cas de traumatisme à haute énergie, de « *bone bruise* » étendu, et doit être différenciée des atteintes dégénératives par laxité méconnue ou négligée. Les lésions de « *bone bruise* » sont associées à une atteinte des couches superficielles du cartilage qui conditionnera le devenir du genou [33]. La réparation simultanée du LCA et de la lésion chondrale est recommandée si elle est étendue et profonde [7], et cela ne semble pas modifier les résultats des plasties seules [56, 66]. Le geste sera adapté à la surface lésionnelle, comme décrit précédemment. Si l'on choisit la greffe cellulaire cultivée, celle-ci sera réalisée secondairement en même temps que la plastie; le 1<sup>er</sup> temps permet un bilan lésionnel et la biopsie chondrale. Dans les suites, il faudra exclure les exercices en chaîne ouverte pendant 4 mois et les sports de pivot pendant 1 an.

Si la lésion chondrale s'associe à des lésions méniscales et du LCA, l'effort doit porter sur la conservation ou la réparation méniscale associée à la ligamentoplastie; si le ménisque ne peut être conservé, un geste chondral est souhaitable. La lésion chondrale fémorotibiale non traitée, associée à la rupture du LCA, conduit à des résultats fonctionnels moins bons, au recul de 8,7 ans, que dans le groupe sans lésion chondrale [69].

#### Désaxations frontales

Toute désaxation de 2° augmente de 4 fois le risque d'arthrose du genou par rapport à un genou normo-axé [68]. Une réparation isolée du cartilage, sans corriger le varus, expose à un échec par arthrose dans un tiers de cas, à 5 ans de recul [52]. Le seuil pour envisager une ostéotomie est habituellement dans la littérature de 5°, mais de 2° seulement pour Minas [52]. En cas d'ostéotomie, l'idéal est d'obtenir un angle HKA (*heep-knee-ankle*) de 180° pour une petite lésion condylienne médiale et 182° pour une lésion étendue ou un pincement médial débutant (figure 13.19). Toute hypercorrection tibiale est très inesthétique, mal vécue et inefficace dans cette population jeune. En cas de genu valgum, on réalisera de préférence une ostéotomie fémorale de fermeture, car le trouble est habituellement fémoral (figure 13.20).

#### Arthrose

Les arthroses débutantes sont théoriquement exclues des indications de ce chapitre, mais un certain nombre d'articles sur les résultats ont inclus des genoux présentant un début de pincement articulaire, des ostéophytes et une densification de l'os sous-chondral (Kellgren-Lawrence > 1, Fairbank I et II ou Ahlback 0 et 1). Il s'agit habituellement de sportifs

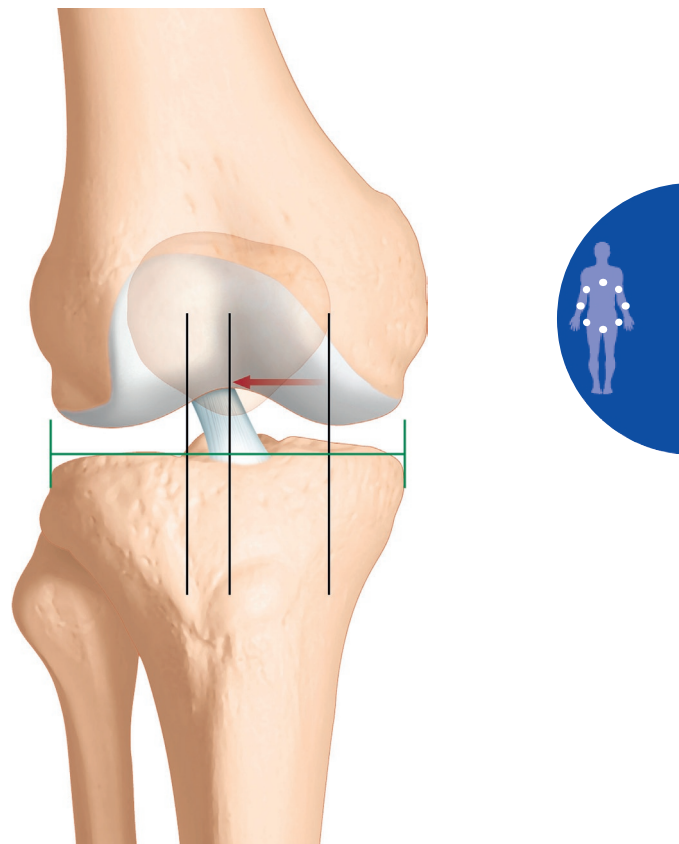


Figure 13.19. Objectifs de correction des ostéotomies.

La normocorrection est obtenue si l'axe de charge passe au milieu du genou; l'hypercorrection est obtenue si l'axe passe dans le compartiment opposé.



Figure 13.20. Ostéotomie fémorale de normocorrection pour une lésion ostéochondrale du condyle latéral gauche.

ayant dépassé 30 ans mais suffisamment motivés pour envisager une chirurgie cartilagineuse et une réaxation dans le cadre d'une « *salvage surgery* » [56]. Une ostéotomie de normocorrection associée à une mosaïcplastie permettrait à deux tiers des sportifs une reprise du sport [56]. Plus modestement, l'association d'une greffe cellulaire et d'une



## PATHOLOGIES TISSULAIRES

### Lésions ostéocartilagineuses du genou

ostéotomie permet une vie quotidienne normale à 90 % des patients de plus de 45 ans et retarde une arthroplastie d'au moins 5 ans [52]. L'ostéotomie doit être très solide pour permettre une mobilisation immédiate du genou.

#### Échecs des traitements antérieurs

Les échecs des microfractures ou des greffes ostéocondrales seront repris par une greffe de chondrocytes de 3<sup>e</sup> génération, associée à une ostéotomie de normocorrection (figure 13.21). Les résultats des greffes secondaires sont moins bons qu'en chirurgie primaire en raison des perturbations de l'homéostasie de l'entité ostéocondrale [38, 52].

#### Articulation fémoropatellaire

La plus grande prudence s'impose dans la prise en charge des lésions rotuliennes ou trochléennes. Toutes les techniques donnent de moins bons résultats sur la fémoropatellaire que sur la fémorotibiale [57]. La désaxation latérale, la patella baja, la patella alta ou la fibrose du ligament de Hoffa conduisent à des sur-contraintes sur les facettes patellaires. La correction de ces défauts d'alignement ou de centrage est indissociable de la reconstruction chondrale. La prise en charge médicale doit être prolongée au moins 6 mois et le terrain bien évalué avant une éventuelle décision chirurgicale. Selon Minas, le recentrage est suffisant pour des lésions chondrales de siège inférieur ou latéral (sièges A et C de la classification de Fulkerson) (figure 13.22). Pour des lésions médiales ou centrales et étendues (sièges B et D), une greffe cellulaire, associée au recentrage, est souhaitable [52]. Les greffes ostéocondrales sont souvent en échec en raison de l'insuffisance

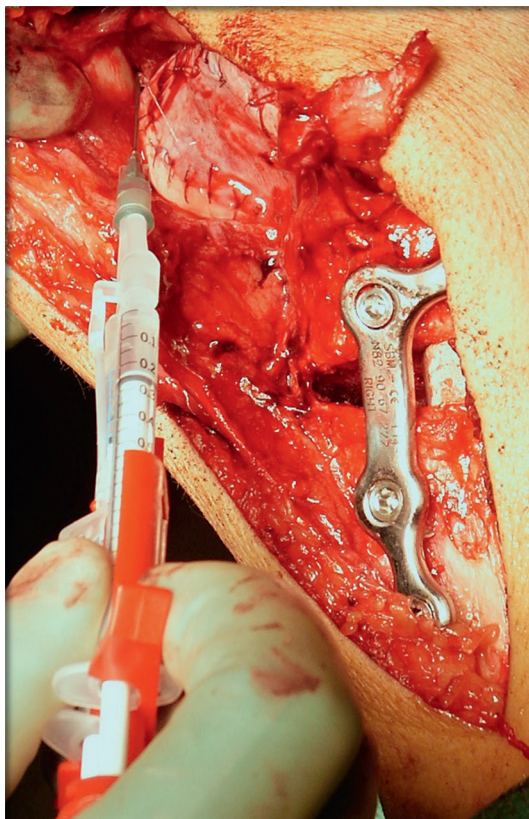


Figure 13.21. Ostéotomie tibiale gauche de valgisation par ouverture médiale associée à une greffe de chondrocytes de 1<sup>re</sup> génération.

d'épaisseur du cartilage des plots, comparativement à celles de la rotule (figure 13.23). Exceptionnellement, un débridement superficiel de lésions chondrales localisées, symptomatiques, sur une rotule centrée sera proposé (figure 13.24a,b).

#### Tibia

Les lésions tibiales post-traumatiques isolées sont rares. Pour des diamètres lésionnels  $\leq 10$  mm, la greffe ostéocondrale en mosaïque unique est une bonne solution. La greffe prélevée sur la berge médiale de la trochlée avec une angulation de 20 à 30° est implantée en rétrograde, sous contrôle arthroscopique. Il s'agit d'une technique en un temps, efficace et peu onéreuse (figure 13.25a,b) [77]. En cas de lésion plus large, les greffes ostéocondrales multiples deviennent

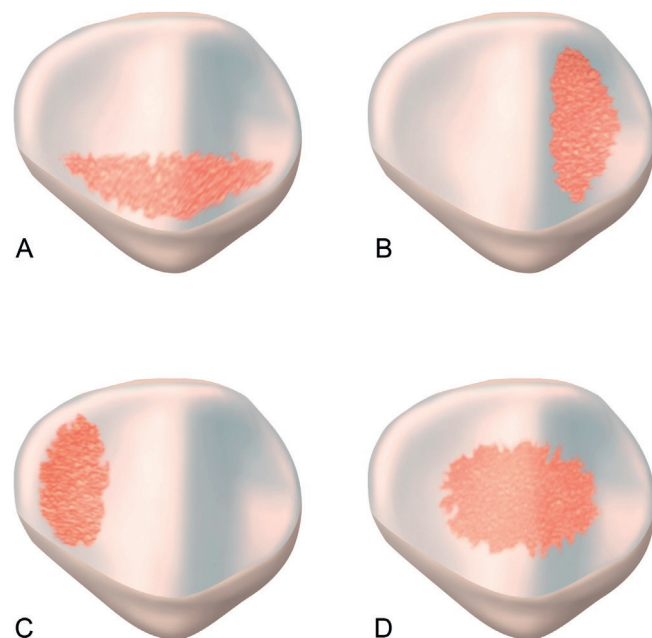


Figure 13.22. Classification du siège des lésions chondrales patellaires selon Fulkerson.

a. Lésion inférieure. b. Lésion de la facette médiale. c. Lésion de la facette latérale. d. Lésion globale.



Figure 13.23. Mosaïcplastie de la patella par trois greffons prélevés sur la trochlée latérale.

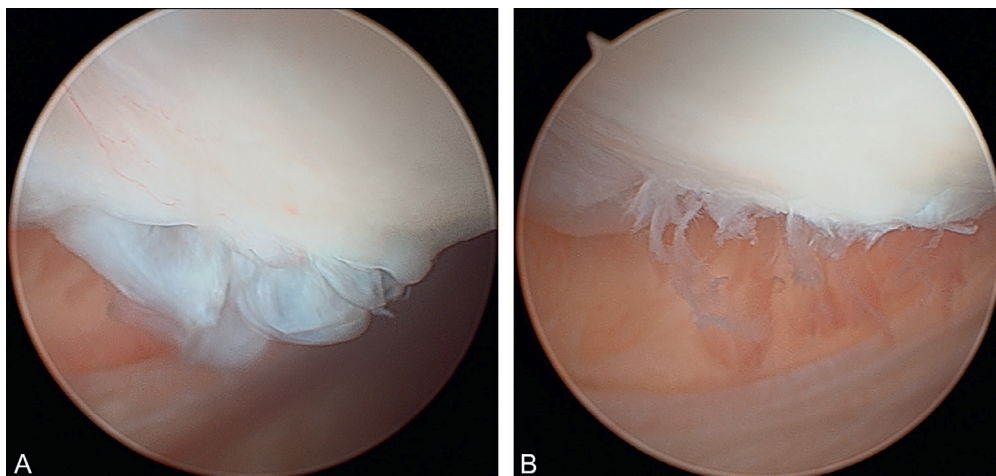


Figure 13.24. a. Lésion chondrale patellaire de stade II, post-traumatique. b. Débridement superficiel isolé.

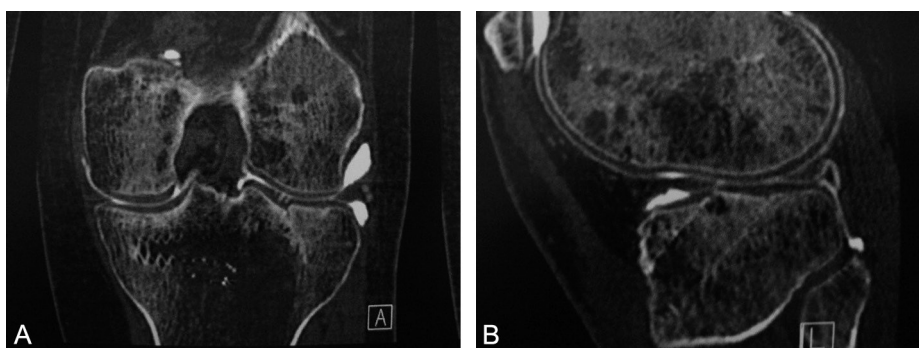


Figure 13.25. Contrôle à 1 an post-mosaïcplastie du tibia.

a. Face. b. Profil.

(Collection d'A. Wajsfisz.)

difficiles; le choix se fait entre les microfractures et les greffes cellulaires selon le niveau sportif [63].

### Le futur

L'évolution se fait vers des techniques en un temps, moins onéreuses, réalisables dans l'environnement du bloc opératoire, sans le recours à un laboratoire de thérapie cellulaire.

### Cartilage Autograft Implant System (CAIS<sup>®</sup>, DePuy Mitek)

Il s'agit d'une autogreffe de microfragments de cartilage injectés dans une matrice 3D et implantés dans la lésion. Les résultats cliniques et histologiques à 2 ans sont encourageants et meilleurs que les microfractures isolées [14].

### De Novo<sup>®</sup> Natural Tissue (Zimmer)

Il s'agit de microfragments (1 mm<sup>3</sup>) morcelés de cartilage humain juvénile, mixés à de l'alginate pour former des billes (figure 13.26). La densité de chondrocytes juvéniles est 100 fois supérieure à celle du cartilage adulte. Le défaut est microperforé puis recouvert par les microbilles solidarisées par de la fibrine. Parfois, il faut associer un patch périosté ou collagénique pour assurer la stabilité de la greffe. Les premiers résultats à 2 ans de recul sont satisfaisants [19].

### Mesenchymal stem cells + matrice

Les cellules souches extraites de la moelle osseuse iliaque ou condylienne peuvent être associées à une matrice collagénique



Figure 13.26. Suspension de microfragments de cartilage, technique CAIS<sup>®</sup>.

ou d'acide hyaluronique (Hyalofast<sup>®</sup>) [10, 22]. Les cellules sont concentrées, activées puis injectées dans le défaut préparé. Par une petite arthrotomie, la membrane de collagène I/III est suturée au PDS<sup>®</sup> 6/0. L'implantation sous arthroscopie, sans fixation, semble possible avec le Hyalofast<sup>®</sup>



## PATHOLOGIES TISSULAIRES

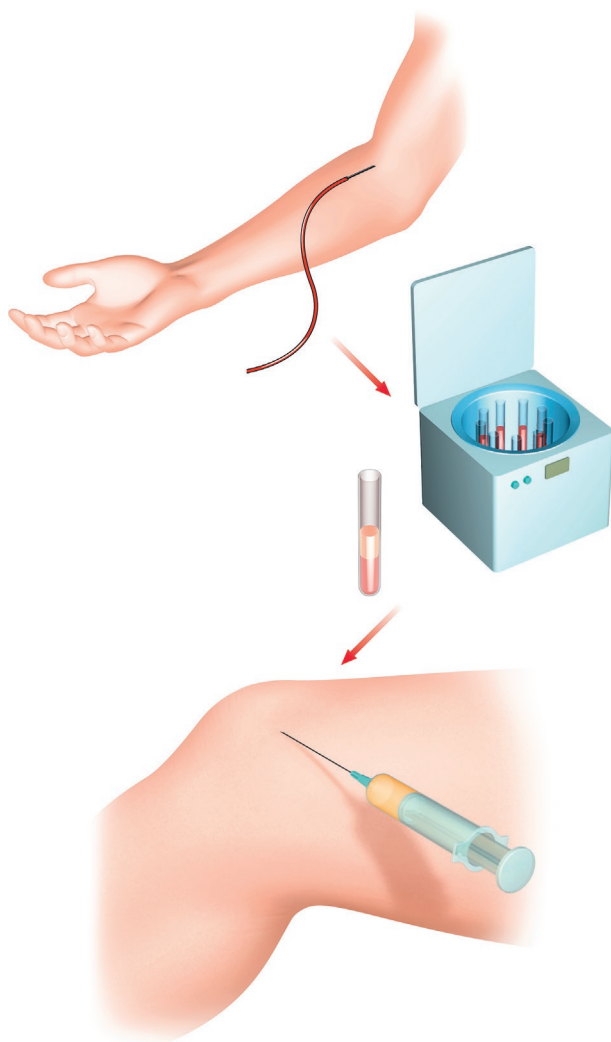
### Lésions ostéocartilagineuses du genou

en une ou plusieurs couches. L'appui n'est autorisé qu'après 6 semaines. Les résultats d'études préliminaires sont encourageants [10, 22].

#### Concentrés plaquettaires autologues (PRP)

Il s'agit d'une fraction du plasma sanguin obtenue par double centrifugation et fortement concentrée en plaquettes ( $6 \times 10^7$  plaquettes/5 ml). Les granules  $\alpha$  libérés par les plaquettes activées (CaCl) sont riches en facteurs de croissance (TGF [*transforming growth factor*], FGF [*fibroblast growth factor*], IGF [*insulin-like growth factor*], VEGF [*vascular endothelial growth factor*], etc.) qui vont agir sur le chimiotactisme, la migration, la prolifération et la différenciation des cellules progénitrices [40]. Les PRP diminuent la production de facteurs pro-inflammatoires (TNF [*tumor necrosis factor*]) et vont réduire la douleur articulaire. Deux options d'utilisation sont possibles :

– soit, chez des sportifs jeunes, porteurs de lésions chondrales dégénératives peu évoluées (Kellgren grade I), trois injections intra-articulaires de PRP à 15 jours d'intervalle sont faites en consultation (figure 13.27) [37];



**Figure 13.27. Préparation de PRP.**  
Prélèvement de sang veineux, double centrifugation puis injection intra-articulaire du concentré plaquettaire.

– soit l'injection intra-articulaire est complémentaire d'un geste chondral spécifique (microfracture, greffe) [2].

Kon et al. mettent en évidence des effets bénéfiques des trois injections sur des lésions isolées [37]. En France, l'usage des PRP, considérés comme des produits sanguins labiles (PSL), semble possible à des fins thérapeutiques ou scientifiques (loi de bioéthique du 8 juin 2004), sous réserve de respecter les règles de bonnes pratiques et chez un patient parfaitement informé [62]. Il existe une grande variabilité de qualité des PRP produits selon le type de centrifugeuse.

La motivation et le niveau de gêne du patient doivent être bien évalués pour dimensionner le choix thérapeutique. Un délai de réflexion et de surveillance est indispensable pour juger de l'évolution naturelle. Les indications doivent être prises en fonction des désirs d'un patient informé et responsabilisé qui évolue lui-même, comme le chirurgien, dans un environnement économique difficile. L'expérience du chirurgien est essentielle pour obtenir des résultats satisfaisants à moyen terme [15].

### Prise en charge des ostéochondrites disséquantes (OCD)

L'OCD peut être définie comme une altération localisée de la vascularisation de l'os sous-chondral, avec effraction secondaire éventuelle du cartilage de recouvrement. L'os subit un processus de nécrose suivi d'une revascularisation plus ou moins complète. Cette lésion est plus fréquente chez les garçons que chez les filles et se voit surtout entre 10 et 20 ans. Nous distinguerons les OCD «juvéniles», où le cartilage de croissance est encore actif, et les OCD «adultes», où le cartilage de croissance n'a plus d'activité. Le diagnostic d'OCD est radiologique; la lésion apparaît sous forme d'une lacune sous-chondrale (stade I de Bédouelle), bien limitée, ou d'un nodule dense en place (stade II de Bédouelle) ou séparé (stade III de Bédouelle). Le stade IV correspond au fragment migré dans le genou (niche vide). La localisation est définie sur la radiographie de face par rapport à l'échancrure (classification de Cahill et Berg en 5 zones) et le profil par rapport à la ligne de Blumensaat (classification de Harding en 3 zones). La surface lésionnelle est importante à mesurer comme facteur pronostique; une valeur seuil de  $350 \text{ mm}^2$  a été définie [42].

La classification de Bédouelle est difficile à appliquer pour les stades intermédiaires (stades II et III) et ne permet pas de répondre aux questions essentielles pour la prise en charge et le pronostic : quel est l'état de surface cartilagineux; quelle est la vitalité du fragment; et quelle est la stabilité du fragment ? L'ICRS a proposé une classification arthroscopique en quatre stades (I à IV) selon le niveau de stabilité; nous l'utiliserons dans les indications.

L'IRM est l'examen de référence dans le bilan complémentaire. Les séquences en écho de gradient T2 avec saturation des graisses permettent de connaître l'état de surface, l'interface os épiphysaire-fragment et le cartilage de croissance résiduel. Une interface os-fragment en hypersignal, plus ou moins large, voire avec des microkystes est un élément en faveur d'une instabilité (figure 13.28) [47]. La vitalité du



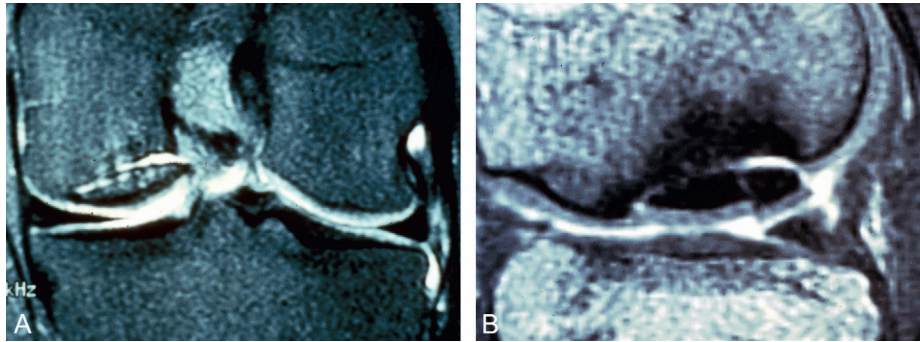


Figure 13.28. OCD condylienne instable.

a. Séquestre en place mais déplacé. b. Liséré en hypersignal séparant le séquestre du fond de la niche.  
(Collection de L. Mainard.)



Figure 13.29. OCD du condyle médial.

Angio-IRM dynamique en T1. Hypersignal du sillon de jonction témoignant de l'instabilité du fragment et absence d'injection du fragment d'OCD témoignant de sa non-vitalité.  
(Collection de L. Mainard.)

fragment ne peut s'apprécier qu'avec une injection IV de gadolinium (angio-IRM) en séquence pondérée en T1 avec saturation des graisses (figure 13.29). L'idéal serait de réaliser des angio-IRM dynamiques en étudiant la cinétique de perfusion du fragment, de l'os épiphysaire et de la plaque de croissance (séquences Trick® de General Electric) [47].

### Techniques dans les OCD de stades I à III de l'ICRS

Pour les stades I à III, le fragment est en place, stable ou légèrement détaché. Les principes de traitement sont de faire consolider l'OCD en maintenant la congruence articulaire. Pour le stade IV (niche vide), il faut faire appel aux techniques décrites dans les pertes de substance.

#### Perforations

Le principe est de faire communiquer l'OCD et le spongieux de l'épiphyse pour permettre une résorption-ossification (« creeping substitution ») de l'os plus ou moins nécrotique. Cette technique s'applique aux OCD stables (stades I et II de l'ICRS) avant la fermeture de la plaque de croissance. Les per-

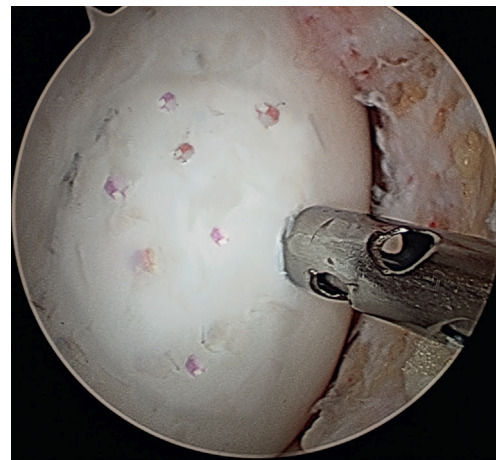


Figure 13.30. Perforations multiples sous arthroscopie d'une OCD du condyle médial.

forations peuvent être transchondrales (antérogrades). Sous arthroscopie, la zone pathologique est repérée sur l'aspect du cartilage, ou par une radiographie; 4 à 6 perforations profondes et séparées sont réalisées avec une mèche ou une broche ( $\varnothing = 1,2$  à  $1,5$  mm) dans le cartilage et l'os (figure 13.30). Les perforations peuvent aussi être extra-articulaires (rétrogrades) et radioguidées. Les perforations sont faites à partir de la corticale médiale ou latérale du condyle pour atteindre l'OCD, sans traverser le cartilage articulaire. En postopératoire, le patient est en décharge partielle pour 1 mois, mais la mobilisation du genou est libre. L'appui est complet après la 4<sup>e</sup> semaine. Pour la rotule, les perforations sont faites à partir de la corticale antérieure vers la lésion, sous contrôle arthroscopique, avec un viseur (figure 13.31).

Les résultats cliniques et radiographiques sont bons dans plus de 80 % des cas. Ils sont meilleurs chez l'enfant ( $\leq 12$  ans), sur les condyles médiaux et si le cartilage est continu [42, 45].

#### Fixations

L'objectif des fixations est d'obtenir une stabilité primaire forte propice à la revascularisation du fragment. Il ne s'agit pas d'une simple synthèse comme pour toute fracture parcellaire. Quel que soit le type de fixation, une préparation de la zone receveuse doit être faite par avivement ou perforation de l'os sous-chondral vivant, et parfois un comblement

## PATHOLOGIES TISSULAIRES

### Lésions ostéocartilagineuses du genou

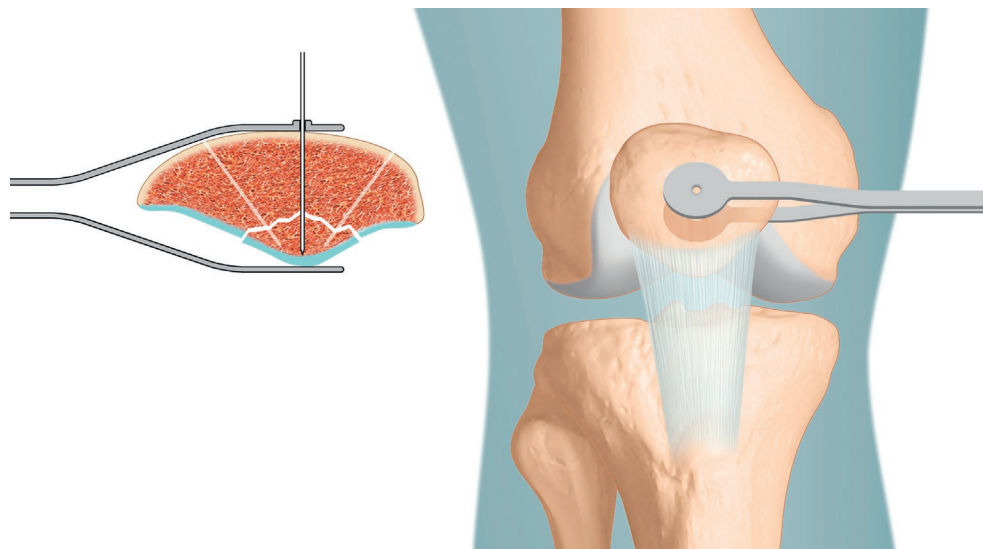


Figure 13.31. Perforations extra-articulaires d'une OCD de la patella.

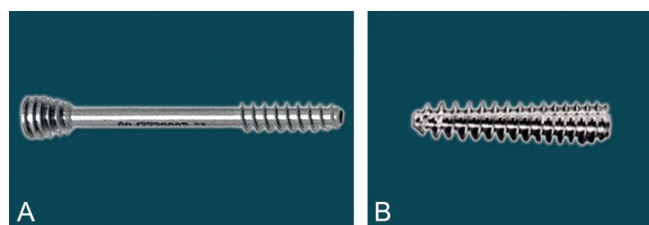


Figure 13.32. a. Vis de type Herbert en titane (Laboratoire FH, France). b. Vis conique en titane (Laboratoire FH, France). Reproduction autorisée.

par une greffe spongieuse doit être associé. Une ou plusieurs fixations dans différentes directions doivent assurer une compression maximale. L'extrémité des fixations doit rester 2 mm sous la surface chondrale pour ne pas endommager le cartilage en regard. Dans les suites, l'articulation sera mobilisée précocement et l'appui complet ne sera pas autorisé en cas de lésion condylienne avant 4 à 6 semaines mais le sera en cas de lésion rotulienne. La reprise des sports n'est possible qu'après 6 mois.

Plusieurs matériels sont disponibles : les broches en PLLA, en PDS® ou PGA + PLLA ; les clous avec des picots antirecul, ce qui améliore leur stabilité primaire (SmartNail®, Chondral Dart®, Biotrak pin®) ; les vis en titane canulées de type Herbert ou Acutrak® (figure 13.32a,b) [32, 34] ; les vis résorbables (PLLA ou PLLA-PGA), coniques, de petit diamètre (2,5 à 3 mm) ; les ancrés résorbables (MiniFix® ou MiniLok® de Mitek). Les vis auront une orientation orthogonale à la surface chondrale et seront enfouies de 2 mm (figure 13.33a,b). Nous préférons des vis type Herbert de gros diamètre ( $\varnothing = 4,5$  mm) pour les condyles en raison de la dureté de l'os sous-chondral des OCD et du risque de coudure de la vis lors du vissage. Le vissage peut être fait par une voie extra-articulaire et les vis devront respecter le cartilage de croissance (figure 13.34). Les vis métalliques ou résorbables sont efficaces pour faire consolider des OCD instables grâce à la

compression interfragmentaire [10, 24]. Les résultats fonctionnel et radiologique des vissages sont corrélés à l'âge, à la stabilité de la fixation, au volume du fragment ( $<$  ou  $>$  4 cm<sup>3</sup>) et à la qualité du cartilage en surface [59]. Une fixation biologique isolée ou complémentaire peut être assurée par des plots ostéochondraux [5] (figure 13.35). Il s'agit d'une autogreffe substituant une partie de l'OCD par des unités fonctionnelles os-cartilage. La stabilité de 3 plots de 6 × 20 mm est équivalente à celle des broches ou des vis de type Herbert. L'appui complet n'est autorisé qu'après 4 à 6 semaines, mais la mobilité du genou est libre. Cette technique est possible pour des OCD instables (stades II et III de l'ICRS), chez l'adolescent et l'adulte. En cas de fragment libre reposé (stade IV de l'ICRS), les plots peuvent être combinés avec des vis [44] (« fixation plus » de Bernard Moyen) (figure 13.36). La consolidation radiologique de l'OCD est obtenue en 3 à 6 mois (figure 13.37a,b). La survenue d'épanchement, de pseudoblocages doit faire rechercher une mobilisation des implants ou du fragment fixé (figure 13.38a,b).

## Indications dans les OCD condyliennes

### OCD juvéniles

Le bilan clinique, radiographique et IRM permet de classer les OCD, selon l'ICRS, en lésions stables (stades I à II), lésions instables (stade III) et niche vide (stade IV). La figure 13.39 donne des indications thérapeutiques qui peuvent être remises en cause par le suivi régulier de chaque patient. Chez l'enfant ( $<$  12 ans), le pronostic est habituellement favorable, pour des lésions stables (stades I et II) et de petite surface ( $<$  3,5 cm<sup>2</sup>) grâce à l'ostéogenèse de l'épiphyse [42]. Dans ces cas, la mise en décharge est courte, fonction des douleurs ; l'arrêt des sports est indiqué pour 3 mois au minimum. Si le genou reste très douloureux ou chez un enfant hyperactif, une genouillère articulée courte est conseillée. Le plus souvent, les douleurs disparaissent en quelques semaines ; les sports seront progressivement repris. Sur le plan radiologique,



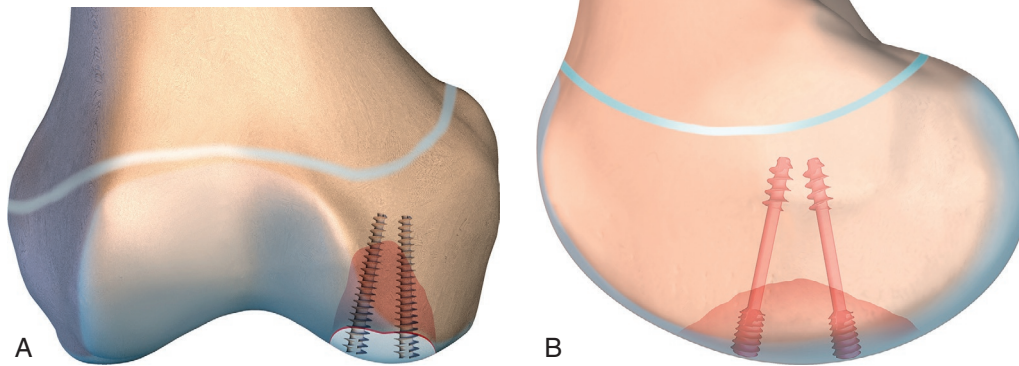


Figure 13.33. Fixation radiare d'une OCD condylienne.

a. Vue de face avec des vis coniques (Laboratoire FH, France). b. Vue de profil avec des vis de type Herbert (Laboratoire FH, France).

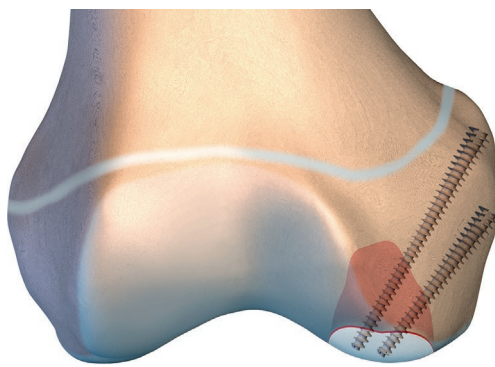


Figure 13.34. Fixation extra-articulaire et respectant la physe fémorale d'une OCD condylienne par 2 vis coniques (Laboratoire FH, France).

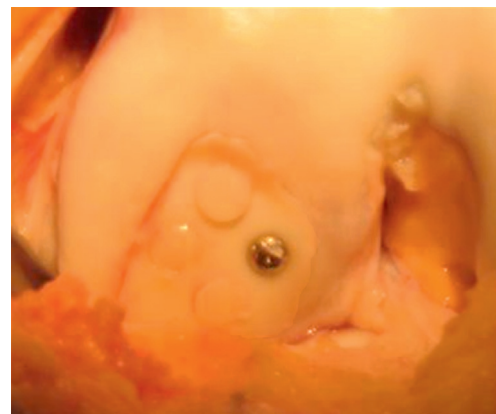


Figure 13.36. Fixation sous arthrotomie d'une OCD par une vis et 3 plots ostéochondraux (« fixation plus » de Bernard Moyen).

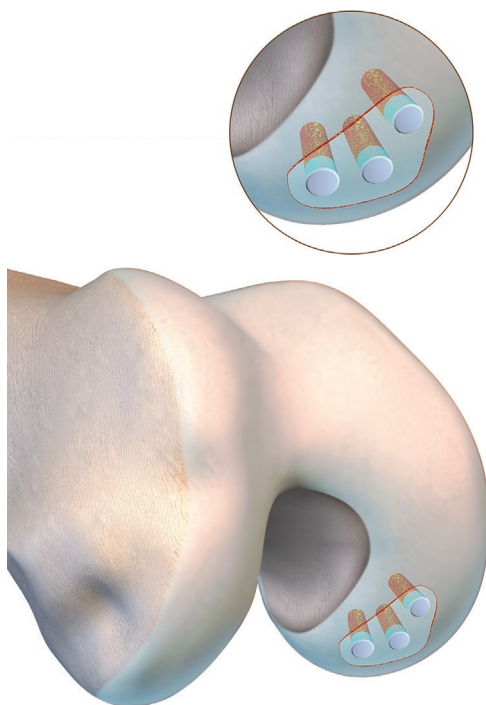


Figure 13.35. Fixation d'une OCD condylienne par 3 plots ostéochondraux de diamètre 4,5 mm, selon la technique de Berlet et al.

la lacune va se minéraliser et s'estomper. Si les douleurs ou les pseudoblocages persistent ou s'il n'y a pas d'amélioration radiologique au bout de 9 à 12 mois, un bilan de stabilité et de vitalité devient indispensable, surtout chez un adolescent proche de la fermeture des plaques de croissance. Une nouvelle IRM, voir une angio-IRM (voir [figure 13.29](#)) sont indiquées. Les séquences IRM en écho de gradient T2 et saturation des graisses permettent d'analyser le cartilage surfacique, l'interface épiphyse-fragment et la plaque de croissance. La vitalité du fragment ne peut s'analyser qu'avec une angio-IRM en séquence T1 avec saturation des graisses. La présence de gadolinium au sein de l'OCD traduit sa bonne perfusion; son absence est un argument pour une dévascularisation [47]. Au terme de ce bilan, si le cartilage est intact (stade II), des perforations de la lésion peuvent être indiquées pour favoriser la revascularisation de l'OCD. Si le cartilage est rompu (stade III) et la vitalité du fragment bonne, une arthroscopie permettra l'avivement du fond de la niche, une greffe spongieuse en copeaux, des perforations profondes du fragment et une fixation complémentaire. L'adjonction de plots ostéochondraux se discute en cas de fragment peu vascularisé (« fixation plus »). En pratique, il semble préférable d'utiliser des vis métalliques sur des fragments volumineux (> 2 cm<sup>2</sup>) avec une composante osseuse

**PATHOLOGIES TISSULAIRES**

Lésions ostéocartilagineuses du genou

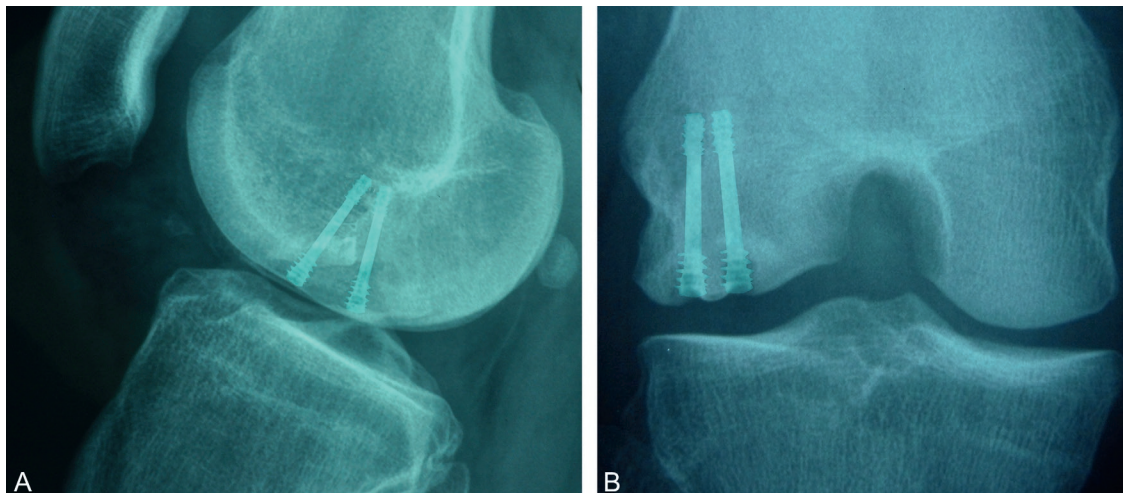


Figure 13.37. Contrôle radiographique à 6 mois d'un vissage convergent d'OCD condylienne.  
a. Face. b. Profil.

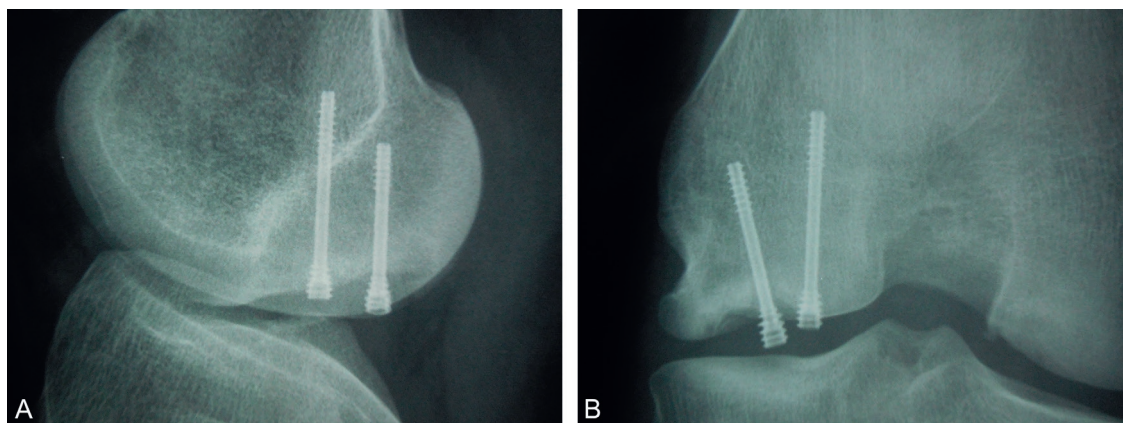


Figure 13.38. a. Mobilisation d'une vis postérieure d'une OCD. b. Mobilisation d'une vis médiale d'une OCD.

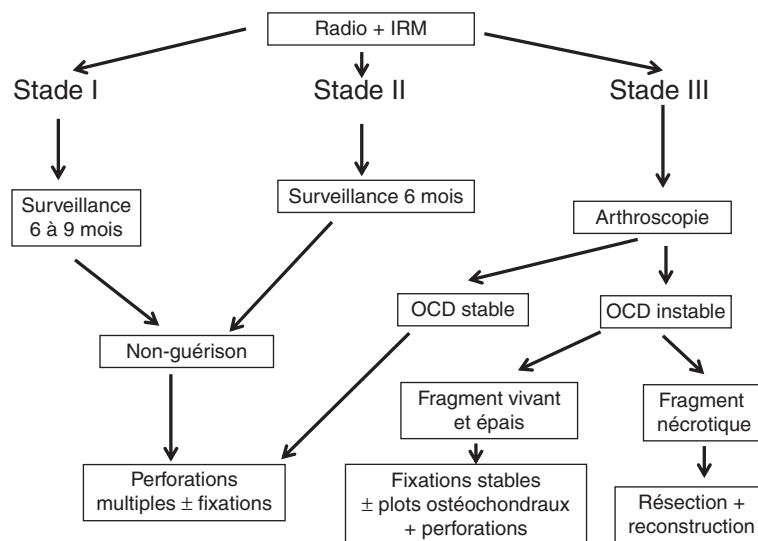


Figure 13.39. Choix thérapeutiques devant une ostéochondrite condylienne juvénile.

épaisse et des vis résorbables ou des clous à picots dans les autres cas [67]. Les fragments étant habituellement ovoïdes, il est souhaitable de faire une implantation oblique (dans le grand axe du fragment) en cas de double vissage, ou en triangle en cas de triple vissage (figure 13.40). Exceptionnellement, chez l'adolescent, la niche est vide (stade IV); la

technique de reconstruction de la perte de substance sera identique à celle de l'adulte.

Même si l'on connaît le pronostic meilleur chez l'enfant, il ne faut pas rester spectateur : il faut suivre ces patients et savoir intervenir au bon moment pour éviter la mobilisation du fragment voire sa libération. La proximité de la fermeture de



la plaque de croissance (6 à 12 mois) doit inciter à être interventionniste devant une non-consolidation de l'OCD. Le suivi de la consolidation de l'OCD doit être rigoureux. Une mobilisation des implants est à craindre en cas de récurrence douloureuse, d'épanchement chronique, ce qui conduit à leur ablation rapide (voir figure 13.38).

### OCD de l'adulte (figure 13.41)

Il s'agit souvent de lésion méconnue ou négligée évoluant depuis l'enfance et, par conséquent, de stades plus évolués (III à IV) et de lésions plus étendues [42]. L'ablation isolée du fragment ne se justifie qu'en présence d'un fragment libre, petit et issu d'une zone condylienne non portante. Devant une lésion nodulaire stable (stade II), les perfora-

tions multiples et profondes sont logiques, mais le taux est de succès inférieur à celui de l'enfant (62 % de succès) [42]. Devant une lésion instable (stade III), la refixation soignée avec greffe spongieuse et perforations de la niche reste possible, mais le taux de succès est faible [59]. L'association d'un ou de plusieurs plots ostéochondraux permet d'améliorer les chances de consolidation (voir figure 13.35). La vitalité du fragment mérite d'être précisée avant de proposer un geste conservateur; ainsi, l'angio-IRM simple ou dynamique nous semble justifiée pour ces cas. Un fragment dévascularisé ne pourra être conservé et le défaut ostéochondral (OCD de stade IV) sera traité comme une perte de substance traumatique profonde, en restituant l'unité fonctionnelle os-cartilage [76]. Le risque d'arthrose précoce des OCD négligées a été démontré dans une étude d'évolution naturelle sur plusieurs décennies [43]. Les mosaïcplasties restent possibles sur des lésions de surface < 2 cm<sup>2</sup> (voir figure 13.10); au-delà de 2 cm<sup>2</sup>, le choix se porte sur les greffes cellulaires « en sandwich » ou en « mille-feuille » [7], les matrices acellulaires type MaioRegen® (figure 13.42) ou AMIC®, ou les greffes de cellules souches. Chaque technique a ses avantages et inconvénients, aucune ne semble supérieure [39]. Le choix en France sera fonction de la disponibilité de telle ou telle technique.

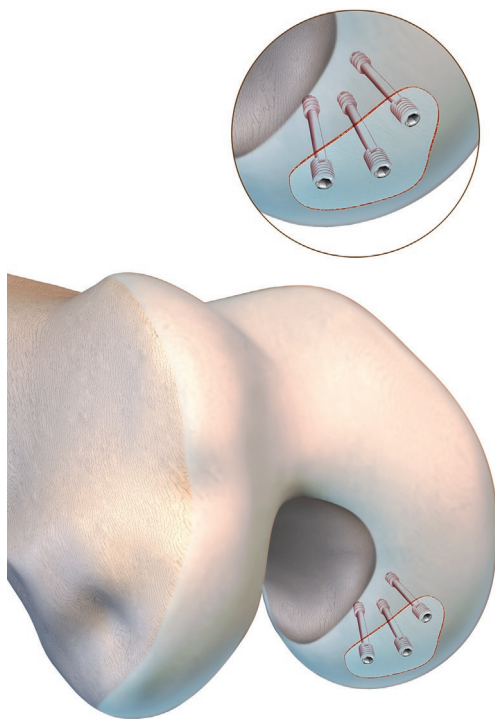


Figure 13.40. Fixation d'une OCD condylienne par 3 vis convergentes enfouies.

### Indications dans les OCD rotuliennes

L'OCD est habituellement centrale. Le traitement conservateur est justifié si le cartilage est continu. L'ablation d'un fragment pédiculé de petite taille ou libre est souvent suffisante et la niche sera curetée puis microperforée. Si le fragment dépasse 2 cm de diamètre, il est souhaitable de le refixer par une mini-arthrotomie après éversion patellaire [59]. Matava et al. ont décrit une astucieuse technique de fixation rétrograde sous contrôle arthroscopique [49]. Le fragment d'OCD est maintenu en place par un davier fenêtré et 2 ou 3 broches résorbables convergentes (Orthosorb®) sont mises en place après un forage convergent (figure 13.43).

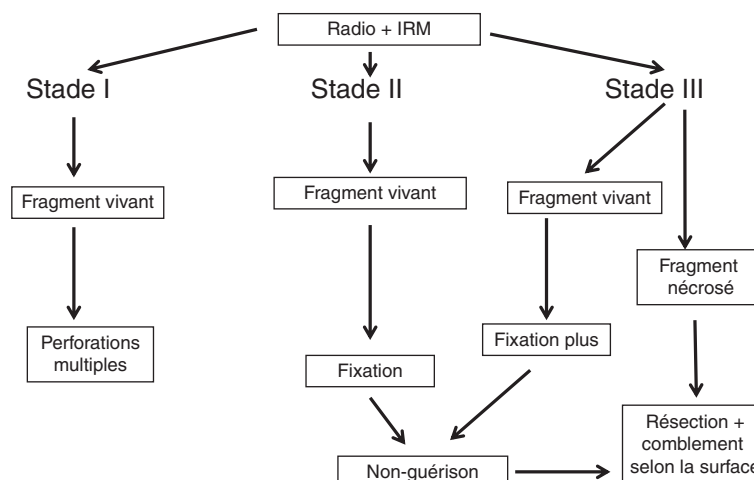


Figure 13.41. Choix thérapeutiques devant une ostéochondrite condylienne adulte.

## PATHOLOGIES TISSULAIRES

### Lésions ostéocartilagineuses du genou



Figure 13.42. Substitut MaioRegen®.

a. Préparation rectangulaire de la perte de substance. b. Découpe de la matrice en la surdimensionnant légèrement. c. Stabilisation en *press-fit* de la membrane.

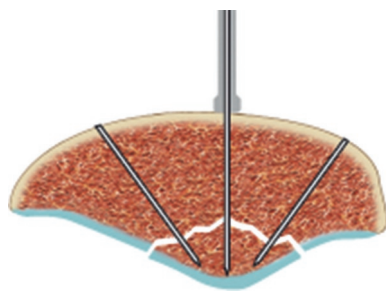


Figure 13.43. Fixation par 3 broches convergentes d'une OCD patellaire instable.

## Prise en charge des fractures ostéochondrales

### Condyles

Les lésions condyliennes surviennent lors de traumatismes directs ou tangentiels chez des sportifs ou lors de luxations de la patella (fracture du condyle latéral). Devant toute hémarthrose, un bilan radiographique (face en extension, profil à 30° et fémoropatellaire à 30°) sera pratiqué à la recherche entre autres d'un fragment ostéochondral, d'une dysplasie fémoropatellaire (dysplasie de la trochlée, de la rotule, rotule haute). Le diagnostic radiographique est impossible si le fragment est chondral pur; seule l'IRM permettra un diagnostic certain. Chez l'enfant, la reposition d'un fragment ostéochondral ou chondral libre est justifiée si la lésion est récente et le fragment > 1 cm de diamètre. Chez l'adulte, les chances de consolidation sont minces car le fragment est dépourvu d'os sous-chondral. Lorsqu'il existe un fragment de bonne épaisseur osseuse, on peut utiliser des broches, des clous ou des vis résorbables comme pour une OCD (voir figure 13.32). En cas de fragment chondral seul, chez l'enfant, la suture aux fils résorbables (PDS® ou Vicryl 4-0) par une mini-arthrotomie permet en urgence de reposer le fragment (figure 13.44a,b). Chez l'adulte, si la perte de substance est importante et en zone portante, il faut la réparer selon les principes énoncés précédemment.

### Rotule

Dans le cas de luxation externe de la rotule, la fracture ostéochondrale siège habituellement sur le versant médial de la patella; sinon, elle peut survenir lors d'un traumatisme tan-

gentiel le genou en extension. Le diagnostic est évoqué sur d'éventuels épisodes antérieurs, une lipohémarthrose, la radiographie (dysplasie fémoropatellaire) et l'IRM [12]. Si le fragment ostéochondral est difficile à repérer sur une radiographie standard, l'IRM sera déterminante pour l'évaluation du volume, du siège lésionnel et de la désinsertion éventuelle du MPFL (*medial patellofemoral ligament*; ligament fémoropatellaire médial). En cas de petit fragment (< 1,5 cm<sup>2</sup>), il sera repéré sous arthroscopie dans le cul-de-sac supérieur ou l'échancrure antérieure et enlevé; le lit du défaut sera micro-perforé, ce qui conduira à une cicatrisation fibreuse. En cas de gros fragment (> 1,5 cm<sup>2</sup>), il sera repositionné puis refixé par arthrotomie médiale après éversion patellaire. Plusieurs options sont possibles : fixation par vis résorbables de type Herbert ou Acutrak®, par broches résorbables (figure 13.45) [12]. La fixation sera suffisamment solide pour permettre une mobilisation immédiate du genou et un appui complet. L'intervention sera réalisée le plus tôt possible, mais reste réalisable jusqu'à 2 mois post-traumatiques [46]. La stabilisation patellaire simultanée ou secondaire demeure un sujet de débat. L'association des deux gestes expose à des suites plus difficiles par risque d'enraidissement du genou [41]. La chirurgie en deux temps semble préférable pour d'autres auteurs [12].

L'encadré 13.1 résume la conduite à tenir en cas de lésions ostéocartilagineuses du genou.

#### Encadré 13.1

### Conduite à tenir en cas de lésions ostéocartilagineuses du genou

- Identifier la symptomatologie liée à la lésion chondrale
- Faire un bilan du siège, de l'étendue et de la profondeur
- Évaluer l'état des ménisques, l'axe du membre, et la stabilité
- Ne pas traiter une lésion asymptomatique, quelle que soit sa profondeur
- Ne pas traiter une lésion de stade II, sauf lambeau instable unique
- Ne pas aggraver une lésion superficielle
- Ne pas traiter des lésions en miroir par un geste local
- Prendre l'avis d'un chirurgien référent sur cette thématique avant un geste invasif



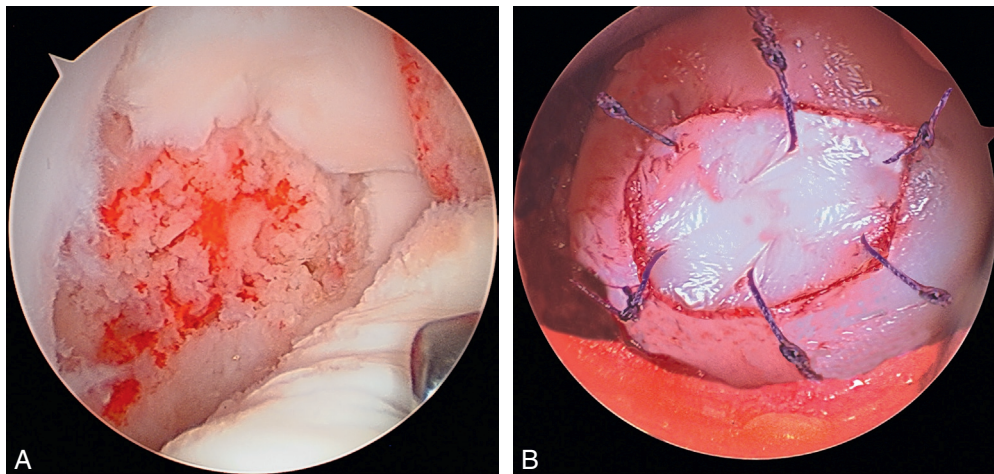


Figure 13.44. Avulsion ostéochondrale du condyle latéral dans une luxation patellaire chez une fille de 13 ans. a. Avulsion condylienne après avivement. b. Reposition et suture du fragment au Vicryl 4-0.

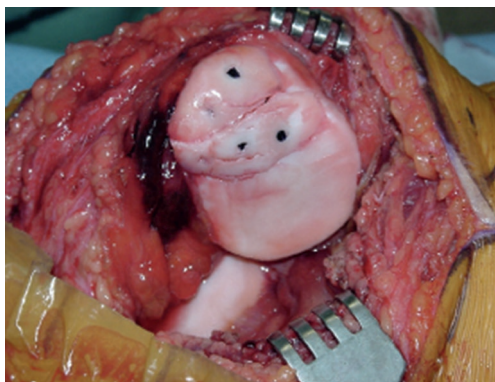


Figure 13.45. Fixation par broches résorbables (PLLA) de plusieurs fragments ostéochondraux de la patella dans le cadre d'une luxation récidivante.

(Collection de F. Chotel.)

## Conclusion

La réparation des lésions chondrales et ostéochondrales reste un challenge difficile, en constante évolution, avec des techniques nouvelles issues de la recherche. Les preuves cliniques de leur efficacité voire de leur supériorité sont très difficiles à obtenir à partir d'études randomisées, souvent multicentriques et de durée de suivi insuffisante. Pour Gomoll et al., aucune technique actuelle n'a fait la preuve de sa supériorité et aucune ne peut régénérer un cartilage hyalin [24]. L'expérience de chirurgiens entraînés à cette chirurgie, maîtrisant les indications, apporte la preuve de son efficacité clinique [15]. L'émergence en France de centres d'excellence dans la réparation cartilagineuse pourrait permettre d'acquiescer la maîtrise des indications, de développer la recherche et de rivaliser avec les équipes étrangères organisées autour de cette thématique.

## Références

- [1] Agneskirchner JD, Brucker P, Burkart A, Imhoff A. Large osteochondral defects of the femoral condyle : press-fit transplantation of the posterior femoral condyle. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2002; 10 : 160-8.
- [2] Ares O, Cugat R. Biological repair of knee injuries in soccer players. *Technique in knee surgery* 2010; 9(3) : 132-8.

- [3] Behrens P, Benthien JP. Autologous Matrix-induced Chondrogenesis (AMIC) : combining microfracturing and a collagen I/III matrix for articular cartilage resurfacing. *Cartilage* 2010; 1 : 65-8.
- [4] Bentley G, Biant LC, Vijayan S, et al. Minimum 10 years results of a prospective randomised study of autologous implantation versus mosaicplasty for symptomatic articular cartilage lesion of the knee. *J Bone Joint Surg* 2003; 94-B : 504-9.
- [5] Berlet GC, Mascia A, Miniaci A. Treatment of unstable OCD lesions of the knee using osteochondral grafts (mosaicplasty). *Arthroscopy* 1999; 15 : 312-6.
- [6] Brittberg M. SUMMIT trial, 2 years Outcomes. MACI® versus microfracture. In : Communication à l'ISAKOS. 12-16 mai 2013 Toronto.
- [7] Brittberg M, Gersoff W. Cartilage surgery. In : An operative manual. Philadelphia : Elsevier Saunders; 2011. p. 19-42.
- [8] Brittberg M, Winanski CS. Evaluation of cartilage injuries and repair. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-A(Suppl 2) : 58-69.
- [9] Buckwalter JA, Lane NE. Athletics and osteoarthritis. *Am J Sports Med* 1997; 25 : 873-81.
- [10] Buda R, Vannini F, Cavallo M, et al. Osteochondral lesion of the knee : a new one step repair technique with bone-marrow-derived cells. *J Bone Joint Surg* 2010; 92-A : 2-11.
- [11] Chen H, Chevrier A, Hoemann CD, et al. Characterization of subchondral bone repair for marrow-stimulated chondral defects and its relationship to articular resurfacing. *Am J Sport Med* 2011; 39 : 1731-40.
- [12] Chotel F, Knorr G, Simian E, et al. Knee osteochondral fractures in skeletally immature patients. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011; 97(8 Suppl) : S154-9.
- [13] Cicuttini F, Ding C, Wluka A, et al. Association of cartilage defects with loss of knee cartilage in healthy, middle-age adults : a prospective study. *Arthritis Rheum* 2005; 52(7) : 2033-9.
- [14] Cole BJ, Farr J, Winanski CS, et al. Outcomes after a single-stage procedure for cell-based cartilage repair : a prospective clinical safety trial with 2-year follow-up. *Am J Sports Med* 2011; 39(6) : 1170-9.
- [15] De Windt TS, Concaro S, Lindahl A, et al. Strategies for patient profiling in articular cartilage repair of the knee : a prospective cohort of patients treated by one experienced cartilage surgeon. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012; 20(11) : 2225-32.
- [16] Dhollander A, De Neve F, Almqvist KF. Autologous matrix-induced chondrogenesis combined with PRP gel : technical description and a five pilot patients report. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011; 19 : 536-42.
- [17] Docquier PL, Delloye C. Techniques et indications des greffes osseuses et ostéo-cartilagineuses. In : *Encycl Méd Chir. Techniques chirurgicales-Orthopédie-traumatologie*, 8. Paris : Elsevier Masson; 2013. p. 13 (2).
- [18] Ebert JR, Smith A, Edwards PK, et al. Factors predictive of outcome 5 years after MACI implantation in the tibiofemoral joint. *Am J Sports Med* 2013; 41 : 1245-54.
- [19] Farr J, Cole BJ, Sherman S, Karas V. Particulated articular cartilage : CAIS and DeNovo NT. *J Knee Surg* 2012; 25(1) : 23-9.
- [20] Flanigan DC, Harris JD, Trinh JD, et al. Prevalence chondral defect in athletes' knee : a systematic review. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42 : 1795-801.

PATHOLOGIES TISSULAIRES

Lésions ostéocartilagineuses du genou

- [21] Gill TJ, Asnis PD, Berkson EM. The treatment of articular cartilage defects using the microfracture technique. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; 36(10) : 728–38.
- [22] Gobbi A, Karnatzokos G, Scotti C, et al. One-step cartilage repair with bone marrow aspirate concentrated cells and collagen matrix in full-thickness knee cartilage lesions : results at 2 year follow-up. *Cartilage* 2011; 2(3) : 286–99.
- [23] Gobbi A, Turgeon D. Decision making in professional athletes with cartilage lesions. In : *Cartilage repair*. DJO Publication. 2011. p. 185–208.
- [24] Gomoll AH, Madry H, Knutsen G, et al. The subchondral bone in articular cartilage repair : current problems in the surgical management. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010; 18 : 434–47.
- [25] Gross AE, Shasha N, Aubin P. Long term follow-up of the use of fresh osteochondral allograft for post-traumatic knee defects. *Clin Ortho Relat Res* 2005; 435 : 79–87.
- [26] Gudas R, Gudaite A, Pocius A, et al. 10 year follow-up of a prospective randomized clinical study of mosaicplasty versus microfracture for treatment of osteochondral defect in the knee joint of athletes. *Am J Sports Med* 2012; 40 : 2499–508.
- [27] Hangody L, Fules P. Autologous osteochondral mosaicplasty for the treatment of full thickness defects of weight-bearing joints. *J Bone Joint Surg* 2003; 85-A(supl 2) : 25–32.
- [28] Hindle P, Hendry JL, Keating JF, Biant LC. Autologous osteochondral mosaicplasty or TruFit™ plugs for cartilage repair. In : *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013 Apr 16 [Epub ahead of print].
- [29] Hjelle K, Solheim E, Strand T, et al. Articular cartilage defects in 1,000 knee arthroscopies. *Arthroscopy* 2002; 18(7) : 730–4.
- [30] Hoemann C, Hurtig M, Rossomacha E. In situ chitosan-glycerol phosphate/blood implants significantly improve hyaline cartilage repair in ovine microfracture defects. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87-A : 2671–86.
- [31] Horas U, Pelinkovic D, Herr G, et al. Autologous chondrocyte implantation and osteochondral cylinder transplantation in cartilage repair of the knee joint. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85 : 185–92.
- [32] Jani MM, Parker RD. Internal fixation devices for the treatment of OCD and chondral lesions. *Oper Tech Sports Med* 2004; 12 : 170–5.
- [33] Johnson DL, Urban Jr WP, Caborn DN, et al. Articular cartilage changes seen with magnetic resonance imaging-detected bone bruises associated with acute anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med* 1998; 26(3) : 409–14.
- [34] Johnson LL, Uitlugt G, Austin MD, et al. Osteochondritis dissecans of the knee : arthroscopic compression screw fixation. *Arthroscopy* 1990; 6 : 179–89.
- [35] Knutsen G, Engebretsen L, Ludvigsen TC, et al. Autologous chondrocyte implantation compared with microfracture in the knee. *J Bone Joint Surg* 2004; 86-A : 455–64.
- [36] Kon E, Delcogliano M, Filardo G, et al. Novel nano-composite multilayered biomaterial for osteochondral regeneration. A pilot study. *Am J Sport Med* 2011; 39 : 1180–90.
- [37] Kon E, Filardo G, Di Martino A, Marcacci M. PRP to treat sports injuries : evidence to support its use. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011; 19 : 516–27.
- [38] Kon E, Gobbi A, Filardo G, et al. Arthroscopic second-generation autologous chondrocyte implantation compared with microfracture for chondral lesions of the knee : prospective nonrandomized study at 5 years. *Am J Sports Med* 2009; 37(1) : 33–41.
- [39] Kon E, Vannini F, Buda R, et al. How to treat OCD of the knee : surgical technique and new trends. *J Bone Joint Surg* 2012; 94-A : e1(1), e1(8).
- [40] Krüger JP, Hondke S, Endres M, et al. Human platelet-rich plasma stimulates migration and chondrogenic differentiation of human subchondral progenitor cells. *J Orthop Res* 2012; 30(6) : 845–52.
- [41] Lee BJ, Christino MA, Daniels AH, et al. Adolescent patellar osteochondral fracture following patellar dislocation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013; 21 : 1856–61.
- [42] Lefort G, Moyen B, Beaufils P, et al. L'ostéochondrite disséquante des condyles fémoraux. *Rev Chir Orthop* 2006; 92(5) : 97–141.
- [43] Linden B. Osteochondritis dissecans of the femoral condyles : a long term follow-up study. *J Bone Joint Surg* 1977; 59-A : 769–76.
- [44] Lintz F, Pujol N, Pandeirada C, et al. Hybrid fixation : evaluation of a novel technique in adult OCD of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011; 19 : 568–71.
- [45] Louisia S, Beaufils P, Katabi M, Robert H. French Society of Arthroscopy. Transchondral drilling for osteochondritis dissecans of the medial condyle of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2003; 11(1) : 33–9.
- [46] Luthje P, Nurmi-Luthje I. Osteochondral fracture of the knee treated with bioabsorbable implants in two adolescents. *Acta Orthop Belg* 2008; 74 : 249–54.
- [47] Mainard L. Les perspectives d'avenir en imagerie. Symposium : ostéochondrite disséquante des condyles fémoraux. In : *Rev Chir Orthop*; 2006. p. 25132, 3.
- [48] Marcacci M, Kon E, Delcogliano M, et al. Arthroscopic autologous osteochondral grafting defects of the knee. *Am J Sports Med* 2007; 35 : 2014–21.
- [49] Matava MJ, Brown CD. OCD of the patella : arthroscopic fixation with bioabsorbable pins. *Arthroscopy* 1997; 13 : 124–8.
- [50] Méthot S, Stanish WD, McCormack R, et al. Polarized light microscopy and ICRS histological assessments in cartilage randomized clinical trials. *Communication ICRS Montréal*; 12–15 mai 2012.
- [51] Minas T. In : *A primer in cartilage repair and joint preservation of the knee*. Philadelphia : Elsevier Saunders; 2011. p. 48–53.
- [52] Minas T. In : *A primer in cartilage repair and joint preservation of the knee*. Philadelphia : Elsevier Saunders; 2011. p. 67–119.
- [53] Mithoefer K, Steadman R. Microfracture in football players : a case series of professional athletes and systematic review. *Cartilage* 2012; (Suppl. 1 (3))185–245.
- [54] Mithoefer K, Williams RJ, Warren RF, et al. The microfracture technique for the treatment of articular cartilage defect in the knee. A prospective cohort study. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87 : 1911–20.
- [55] Ollat D, Lebel B, Thauant M, et al. Greffes ostéochondrales en mosaïque du genou : résultats à moyen terme d'une série multicentrique de la SFA. *Rev Chir Orth et Traum* 2011; 97S : S389–96.
- [56] Panics G, Hangody LR, Balo E, et al. Osteochondral autograft and mosaicplasty in the football athlete. *Cartilage* 2012; Suppl. 1 (3) : 255–305.
- [57] Peterson L, Vasiliadis HS, Brittberg M, Lindahl A. Autologous chondrocyte implantation. A long term follow-up. *Am J Sports Med* 2010; 38 : 1117–24.
- [58] Robert H. Ostéochondrite disséquante des condyles fémoraux chez l'enfant et l'adolescent. Symposium de la SFA. In : *Annales de la SFA*. Montpellier : Sauramps Médical; 1998. p. 81–155.
- [59] Robert H. Chondral repair of the knee joint using mosaicplasty. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011; 97 : 418–29.
- [60] Robert H, Bahuaud J, Kerdiles N, et al. Traitement des lésions chondrales profondes du genou par greffes de chondrocytes. *Rev Chir Orthop* 2007; 93 : 701–9.
- [61] Robert H, Lambotte JC, Flicoteaux R. Arthroscopic measurement of cartilage lesions of the knee condyle. Principles and experimental validation of a new method. *Cartilage* 2011; 2 : 237–45.
- [62] Rochongar P. Utilisation des concentrés plaquettaires sur l'appareil locomoteur. *J Trauma Sports* 2012; 29 : 171–3.
- [63] Ronga M, Grassi FA, Bulgheroni P. Arthroscopic autologous chondrocyte implantation for the treatment of a chondral defect in the tibial plateau. *Arthroscopy* 2004; 20 : 79–84.
- [64] Saris DB, Dhert WJ, Verboort AJ. Joint homeostasis. The discrepancy between old and fresh defects in cartilage repair. *J Bone Joint Surg Br* 2003; 85(7) : 1067–76.
- [65] Saris DB, Vanlauwe J, Victor J, et al. Characterized chondrocyte implantation results in better structural repair when treating symptomatic cartilage defects of the knee in a randomized controlled trial versus microfracture. *Am J Sports Med* 2008; 36 : 235–46.
- [66] Saris DB, Vanlauwe J, Victor J, et al. Treatment of symptomatic cartilage defects of the knee : characterized chondrocyte implantation results in better clinical outcome at 36 months in a randomized trial compared to microfracture. *Am J Sports Med* 2009; 37(Suppl 1) : 10S–9S.
- [67] Sgaglione NA, Miniaci A, Gillogly SD, Carter TR. Update on advanced surgical techniques in the treatment of focal articular lesions of the knee. *Arthroscopy* 2002; 18 : 9–32.
- [68] Sharma L, Song J, Felson DT, et al. The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *JAMA* 2001; 286(2) : 188–95.
- [69] Shelbourne KD, Jari S, Gray T. Outcome of untreated traumatic articular cartilage defects of the knee : a natural history study. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-A(Suppl 2) : 8–16.
- [70] Schive MS, Hoemann CD, Respreto A, et al. BST-CarGel : In situ chondroinduction for cartilage repair. *Op Technique in Orthopaedics* 2006; 16 : 271–8.
- [71] Shive MS, Stanish WD, McCormack R, et al. Standardized quantitative 3D MRI can detect superior cartilage repair in cartilage randomized clinical trials. *Communication ICRS Montréal*. 12–15 mai 2012.

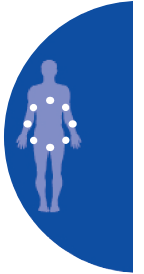


**B978-2-294-74354-2.00013-9, 00013**

**PATHOLOGIES TISSULAIRES**

Lésions ostéocartilagineuses du genou

- [72] Siclari A, Mascaro G, Gentili C, et al. Cartilage repair in the knee with subchondral drilling augmented with a platelet-rich plasma-immersed polymer-based implant. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*; 2013 Apr 7 [Epub ahead of print].
- [73] Steadman JR, Briggs KK, Rodrigo JJ, et al. Outcome of microfracture for traumatic chondral defects of the knee. *Arthroscopy* 2003; 19 : 477–84.
- [74] Steadman JR, Karas SG, Schelgel TF, et al. The microfracture technique in the treatment of full thickness chondral lesions of the knee in National Football League players. *J Knee Surg* 2003; 16 : 83–6.
- [75] Vanlauwe J, Saris DB, Victor J, et al. Five-year outcome of characterized chondrocyte implantation versus microfracture for symptomatic cartilage defects of the knee : early treatment matters. *Am J Sports Med* 2011; 39 : 2566–74.
- [76] Versier G, Dubrana SFA. Treatment of knee cartilage defect in 2010. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011; 97 : S140–53.
- [77] Wajsfisz A, Makridis KG, Djian P. Arthroscopic retrograde osteochondral autograft transplantation for cartilage lesions of the tibial plateau. *Am J Sports Med* 2012; 41 : 411–5.
- [78] Widuchowsky W, Widuchosky J, Trzaska T. Articular cartilage defect : study of 25124 arthroscopies. *Knee* 2007; 14 : 177–82.
- [79] Zantop T, Petersen W. Arthroscopic implantation of a matrix to cover large chondral defect during microfracture. *Arthroscopy* 2009; 25 : 1354–60.



**SFA, 978-2-294-74354-2**