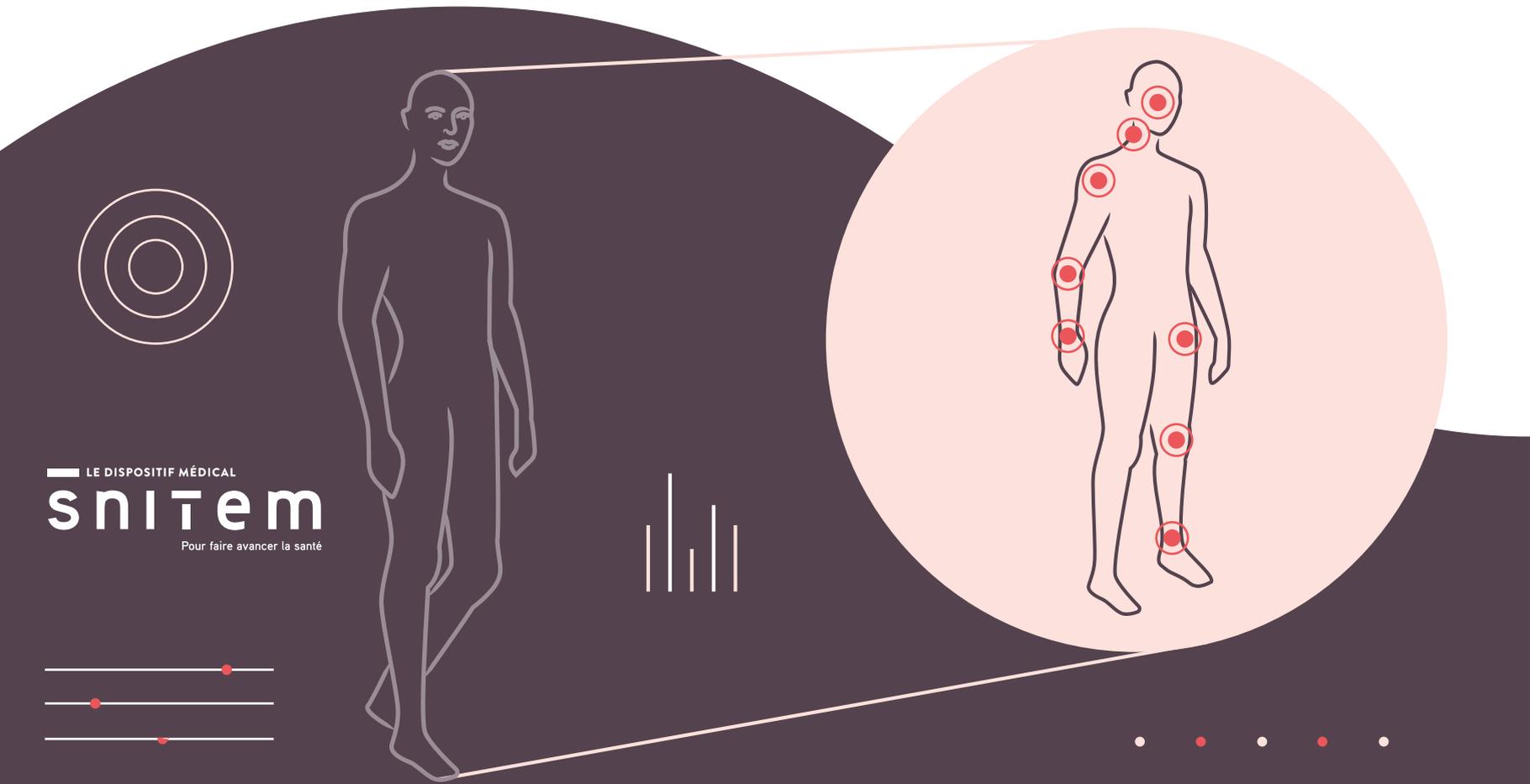


Progrès
& dispositifs
médicaux
NOUVELLE ÉDITION

INNOVATION EN ORTHOPÉDIE



LE DISPOSITIF MÉDICAL
snitem
Pour faire avancer la santé



SOMMAIRE

LE DISPOSITIF MÉDICAL

snitem

Pour faire avancer la santé

Maison de la Mécanique
39, rue Louis Blanc
CS 30080
92038 La Défense Cedex

Directeur de la publication : Éric Le Roy

Responsable d'édition : Nathalie Jarry

Rédactrice : Camille Grelle

Édition déléguée : Presse Infos Plus

(www.presse-infosplus.fr)

Secrétariat de rédaction et édition : Studio Hartpon

Création graphique : ArtFeelsGood

Maquette : Didier Michon

Crédits photos, tous droits réservés : Biomatlante,

Corin Group, Depuy Synthes France, Eos Imaging,

IntegraLifeScience, Lima, Medacta, Noraker,

Osteomed, Smith & Nephew, Stryker, Wright Medical,

Zimmer Biomet, Adobe stock.

Impression : Imprimerie de l'Étoile 61190 Tourouvre

Nouvelle édition - Septembre 2020

ISBN : 979-10-93681-28-3

Les mots techniques ou scientifiques expliqués
en fin de livret dans la partie glossaire sont signalés
dans le texte par le symbole ©

4

PRÉFACE

6

INFOGRAPHIE

8

INTRODUCTION

L'orthopédie, au service de l'autonomie
et du mouvement

13

Ancillaires et instruments

Des accessoires qui ne le sont pas

17

Maxillo-faciale

Réparer les « gueules cassées »

19

Rachis

Pour une chirurgie plus précise et moins invasive

25

Traitement de la scoliose

Du handicap à la reprise de la vie active

29

Prothèse d'épaule

La reconquête de la mobilité

34

Prothèse de main-poignet

À la pointe de l'innovation

40

Prothèses de membres inférieurs

Pour un bénéficiaire patient toujours plus grand

SOMMAIRE

- 42 Prothèse de hanche
Au service d'une vie normale
- 47 Prothèse de genou
À l'assaut de l'articulation la plus complexe
- 52 Prothèse de cheville
En toute précision
- 56 Implants ligamentaires artificiels
Pour pallier la rupture
- 58 Substituts osseux et biomatériaux
Ce que l'os ne peut plus
- 63 REGARDS DE PATIENTS
- 65 GLOSSAIRE
- 67 SOURCES & REMERCIEMENTS

PRÉFACE



Dr Philippe Tracol
*Président du CNP-COT
(Conseil national professionnel
de chirurgie orthopédique
et traumatologique)*



Dr Luc Favard,
*Président de l'AOT-SOFCOT
(Académie d'orthopédie traumatologie –
Société française de chirurgie orthopédique
et traumatologique)*

L'histoire des dispositifs médicaux en orthopédie a été marquée au fil des siècles, et particulièrement au siècle dernier, par des innovations de rupture, tant sur le dessin que sur les matériaux, jusqu'à l'avènement aujourd'hui de matériaux anti-allergènes tels le pyrocarbone. On peut dire sans hésiter que, de ce côté-là, notre belle discipline est parvenue à maturité. Est-ce à dire que la marche de l'innovation est à l'arrêt en orthopédie ? Bien au contraire, il n'en est rien et notre science ne cesse d'évoluer et d'avancer.

Plus généralement, notre approche est de plus en plus personnalisée, et il y a fort à parier que les indications le seront de plus en plus dans les années à venir. En effet, l'avènement du big data et de l'intelligence artificielle permettra de connaître le meilleur traitement pour un patient donné, avec ses particularités, et donc d'avancer toujours plus dans l'ère du sur-mesure.

L'irruption des nouvelles technologies bouleverse la discipline et notre pratique.

C'est également l'un des bénéfices de la collecte et de l'analyse des données de santé, même s'il faut, à ce sujet, savoir raison garder d'un point de vue éthique.

L'irruption des nouvelles technologies bouleverse et modifie la discipline et, par conséquent, notre pratique. L'orthopédie fait d'ailleurs souvent figure de précurseur dans l'appropriation de ce virage technologique, comme l'illustre par exemple l'impression 3D.

Une autre perspective d'amélioration porte sur l'acte chirurgical, qui gagne en fiabilité et en précision pour la pose des implants, les ostéotomies ou les résections tumorales par exemple, grâce à l'indicateur de sécurité du patient (PSI), aux guides de coupes personnalisés, à la robotique et à la réalité augmentée. Une innovation au bénéfice du patient dont le confort et l'autonomie sont fortement accrus.

Les applications connectées constituent également des aides au diagnostic et à la décision thérapeutique. Elles permettent de gagner en précision, participant au suivi pré, per et post-opératoire, et de réduire les risques de complications. Elles participent de la formation des jeunes orthopédistes par la simulation qui se développe énormément grâce à l'intelligence artificielle.

De fait, la prise en charge globale des patients évolue beaucoup elle aussi. Les programmes de récupération accélérée après chirurgie (RAAC) permettent le raccourcissement des durées d'hospitalisation grâce à de nouvelles modalités de surveillance à domicile, avec les dispositifs et les prothèses connectés. Des progrès qui s'avèrent d'autant plus importants dans le contexte actuel de vieillissement de la population.

Mais tout n'est pas encore acquis pour autant ! La lourdeur juridique, accentuée avec l'entrée en vigueur du nouveau règlement européen sur la protection des données personnelles (RGPD), n'est pas sans engendrer certaines difficultés pour la mise sur le marché de dispositifs innovants. Une véritable inquiétude pour les professionnels, et très probablement une perte de chance pour les patients.

DIGITALI- SATION DU PARCOURS DE SOINS

En orthopédie, les nouvelles technologies entraînent de profondes modifications des pratiques et des parcours, au bénéfice des patients : gains en précision, diminution de l'invasivité, personnalisation, interventions plus rapides, diminution des suites et des complications. Explications.

PRÉ- OPÉRATOIRE

1



LA PLANIFICATION

Sur la base d'un scanner, le chirurgien planifie en 3D et via un logiciel la procédure opératoire, simule ainsi le résultat attendu, effectue les corrections éventuelles et choisit le dispositif le plus adapté.

2



LES DISPOSITIFS « SUR-MESURE »

Les données relatives au patient et à l'intervention sont transmises à l'industriel de façon anonymisée (conformément au RGPD*) qui fabrique via l'impression 3D l'implant (ou les ancillaires chirurgicaux) correspondant à la situation précise.

* Règlement général sur la protection des données personnelles.

PER-OPÉRATOIRE

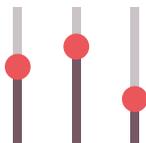
3



LA NAVIGATION

L'équipe chirurgicale accède aux données 3D relatives au positionnement du dispositif pendant l'intervention.

4



LA ROBOTIQUE

Sur la base de la planification de la procédure, le chirurgien paramètre le robot qu'il guide et contrôle durant l'intervention.

POST-OPÉRATOIRE

5



SUIVI À DISTANCE AMBULATOIRE

Via un outil connecté (applications, plateformes...), le patient et l'équipe médicale échangent des informations sur les suites de l'intervention (récupération, douleur, etc.).

COMPRENDRE L'ORTHOPÉDIE EN UN COUP D'ŒIL

Si l'on parle souvent de l'orthopédie dans sa globalité, celle-ci couvre l'ensemble de l'appareil locomoteur, si bien que les chirurgiens orthopédiques sont souvent hyperspécialisés. Mais sur quoi porte exactement l'orthopédie ?

Parties du corps

- Rachis et colonne vertébrale
- Cranio-maxillo-faciale : crâne, mâchoires, visage, bouche et dents
- Membres supérieurs : épaule, coude, main et poignet
- Membres inférieurs : hanche, genou, cheville

Structures et tissus

- Os
- Articulations
- Tendons
- Ligaments
- Nerfs
- Muscles

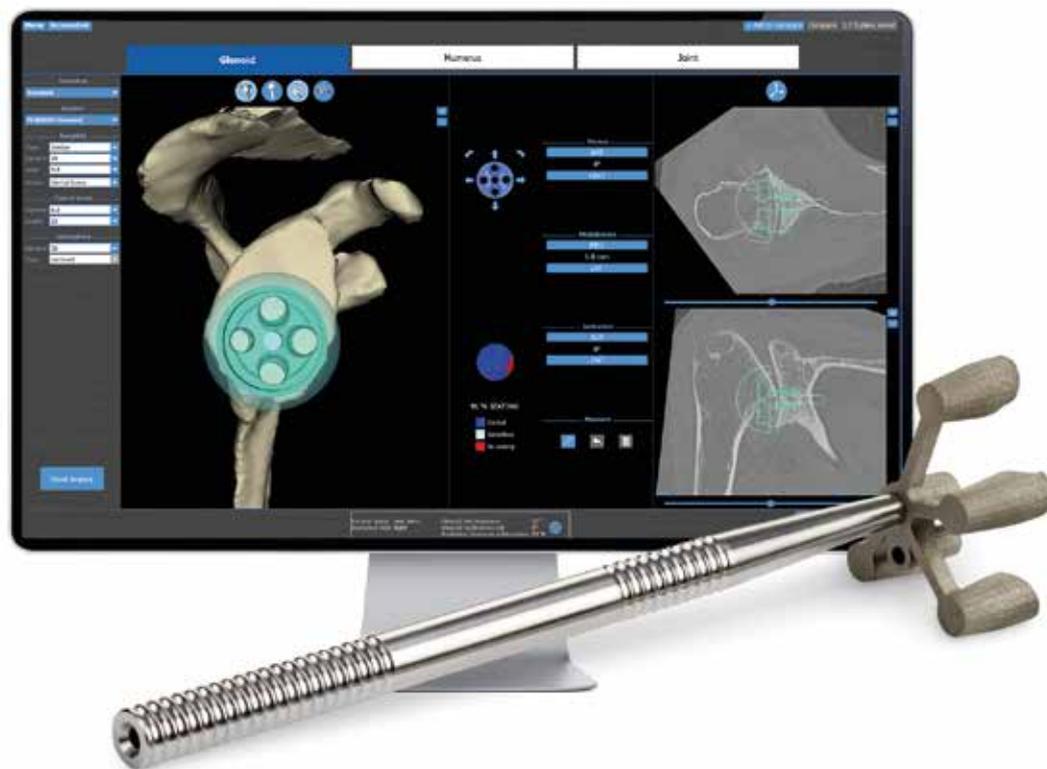
Champs d'intervention

- Traumatologie : entorses, fractures, luxations
- Anomalies et déformations : scoliose, cyphose, hernie
- Dégénérescences et affections : arthrose

INTRODUCTION

L'ORTHOPÉDIE, AU SERVICE DE L'AUTONOMIE ET DU MOUVEMENT

L'orthopédie vise à entretenir toutes les composantes de l'appareil locomoteur (os, articulations, ligaments, muscles, tendons, colonne vertébrale) pour maintenir celui-ci en état de marche tout au long de la vie. Diverses innovations ont permis à cette spécialité d'améliorer la prise en charge des patients grâce à des techniques à la fois plus élargies et plus précises.



Si certains archéologues attestent de l'existence de prothèses dès la Préhistoire, c'est réellement de l'Antiquité (égyptienne, gréco-romaine mais aussi indienne et arabe) que datent les traces véritables d'un intérêt pour les problématiques traumatologiques. Ainsi, le grand Hippocrate lui-même consacra six de ses livres aux traumatismes du rachis – un enseignement tiré de son observation des guerres médicales et du Péloponnèse. Il mit également au point ce qui pourrait presque apparaître comme

le tout premier dispositif médical orthopédique : le célèbre « banc d'Hippocrate ». Cet outil consistait en une planche de bois permettant d'immobiliser le membre démis, pour qu'il se ressoude dans le cas d'une fracture, ou qu'il se remette en place dans le cas d'une luxation.

Toutefois, il fallut attendre le XVIII^e siècle pour que le mot « orthopédie » fasse son apparition. On le doit à un chirurgien français, Nicolas Andry de Boisregard, qui, le premier, utilisa le terme en 1741.

C'est indubitablement le XX^e siècle qui marqua l'âge d'or de l'orthopédie et de la traumatologie.

La seconde moitié du XVIII^e puis le XIX^e siècle virent quelques grandes figures s'intéresser à leur tour aux dégénérescences du squelette. Parmi eux, Léopold Ollier, qui consacra son ouvrage aux problèmes d'ossification et mit au point des appareillages de redressement des os ; Gabriel Pravaz, qui se pencha sur les luxations de la hanche ; ou encore Jules-Émile Péan, qui mit au point la première prothèse articulaire d'épaule.

L'histoire de l'orthopédie, indéniablement liée à celle de la guerre

Mais c'est indubitablement le XX^e siècle qui marqua l'âge d'or de l'orthopédie et de la traumatologie. Les progrès réalisés dans le domaine de l'anesthésie y participèrent grandement, permettant aux chirurgiens d'effectuer des opérations jusqu'alors inimaginables. En outre, les deux conflits mondiaux ont joué un rôle important dans l'innovation chirurgicale orthopédique. Indéniablement, l'histoire de cette spécialité médicale est indissociable de celle des guerres, qui obligèrent les chirurgiens à « réparer » blessés et mutilés.

C'est en effet au cours de la Première Guerre mondiale que l'orthopédie cessa d'être exclusivement infantile. L'horreur des blessures de la Grande Guerre, leur grand nombre et leurs typologies, différentes de tout ce qui était jusqu'alors connu, confrontèrent les chirurgiens à de nouvelles exigences. Si elle restait utilisée, l'amputation n'était plus forcément l'alternative privilégiée ; elle céda peu à peu le pas à des techniques inspirées de l'orthopédie infantile. On vit ainsi apparaître des centres opératoires des fractures, des centres orthopédiques et autres centres de physiothérapie pour soigner les très nombreux soldats victimes de fractures et de traumatismes. Les premières prothèses, relativement rudimentaires, furent mises au point dans le but de remplacer un membre amputé.

L'entre-deux-guerres puis la Seconde Guerre mondiale apportèrent elles aussi leur lot d'innovations, parmi lesquelles les cupules fémorales de Marius Nygaard Smith-Petersen, le clou de Gerhard Küntscher (mis au point pour remettre sur pied les soldats au plus vite) ou encore la prothèse de hanche des incontournables frères Jean et Robert Judet. >>>>

L'ESSENTIEL TANDEM INDUSTRIELS-PROFESSIONNELS DE SANTÉ

La France a toujours été, historiquement, une terre d'innovations en orthopédie et ce, dans chacune des branches de la discipline. Si nombre de ces innovations sont le fruit du travail de chirurgiens, elles n'ont pu être concrétisées que grâce aux relations unissant les professionnels de santé aux industriels du secteur – ces derniers ayant permis le développement et la mise en application de leurs concepts. Dans tous les cas, il s'agit toujours d'une aventure d'équipe. Chirurgiens et industriels ne peuvent travailler les uns sans les autres. C'est également le cas aujourd'hui avec les technologies de planification ou d'impression 3D, par exemple. Car s'il faut compter sur la technique opératoire, bien sûr, les dispositifs sont de plus en plus sophistiqués et nécessitent aujourd'hui formation, accompagnement et échanges. D'autant plus que tous suivent le même but : permettre au patient de recouvrer une qualité de vie normale.

XVIII^e siècle

Fin du
XIX^e siècle

1914-18

Années
1930-40

1962

Apparition
du terme
« orthopédie »

Première prothèse
d'épaule de Péan

Développement des
centres orthopédiques
et des premières prothèses

Cupules fémorales de Smith-
Petersen, prothèse de hanche
des frères Judet.

Prothèse de hanche
de Charnley

Le foisonnement du milieu du XX^e siècle

Les années 50 puis 60 furent elles aussi significatives pour la chirurgie orthopédique, avec le développement effectif des dispositifs. Après la réparation et la traumatologie du début du siècle, l'orthopédie connut son âge d'or, avec un gros travail mené à la fois sur le dessin des prothèses et sur les matériaux.

De fait, il faut reconnaître que c'est la prothèse de hanche qui a ouvert la voie avec la découverte

historique de John Charnley en 1962. La France fut également le théâtre de nombreuses innovations orthopédiques avec, par exemple, l'instrumentation révolutionnaire pour le rachis d'Yves Cotrel et Jean Dubousset en 1983, la prothèse d'épaule inversée du P^r Paul Grammont, ou encore le travail mené sur les substituts osseux par l'École de Nantes depuis trois décennies. Autant d'innovations successives qui permirent, à l'aube du XXI^e siècle, de répondre au mieux aux enjeux de la prise en charge de nouveaux profils de patients.

tardivement (activité physique, implication auprès des petits-enfants, etc.). Plus encore, certains ont même encore une activité professionnelle.

Grâce aux progrès réalisés en matière d'implants, « *on n'hésite plus à poser des prothèses chez des patients plus jeunes qu'il y a une dizaine d'années*, corrobore le P^r Patrice Mertl, chef du service de Chirurgie orthopédique et traumatologique du CHU d'Amiens-Picardie. *De fait, les dispositifs disponibles aujourd'hui permettent de faire face aux enjeux de santé publique comme la gonarthrose, liée notamment à l'obésité* ». À condition que la prévention et le dépistage de ces pathologies, qui sont essentiels, soient réalisés à temps.

Les techniques chirurgicales mini-invasives permettent également de prendre en charge des patients très âgés, là où la question du bénéfice-risque (comorbidité, complications, etc.) pouvait auparavant faire pencher la balance en faveur d'une non-intervention. Le cercle vicieux de la perte d'autonomie n'est ainsi plus inéluctable et la qualité de vie est préservée.

À SAVOIR

C'est au sortir de la Première Guerre mondiale, en 1918, que fut fondée la Société française d'orthopédie, ancêtre de l'actuelle Société française de chirurgie orthopédique et traumatologique (SOFCOT).

Viellissement de la population : l'orthopédie au service de l'autonomie

En première ligne figure le double enjeu de l'âge des patients avec, à la fois, un vieillissement global de la population et une exigence – légitime – des patients de recouvrer ou de conserver leur autonomie. Ces derniers restent aujourd'hui actifs plus

Années
1970

Prothèse à double
mobilité de Bousquet

1983

Instrumentation
Cotrel-Dubousset
pour le rachis

Années
1990

Prothèse d'épaule inversée
de Grammont, prothèse
anatomique de Walch et
Boileau

Années
2000

Développement de
la chirurgie assistée
par ordinateur

Depuis
2010

Développement
de la robotique



3404

Chiffre clé

C'est le nombre de chirurgiens orthopédiques et traumatologues en France en 2018. Parmi eux, seulement 6% sont des femmes.

Sources : Conseil national de l'Ordre des médecins (CNOM), Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (Drees).

L'avènement des nouvelles technologies et du digital

Pendant longtemps, les innovations technologiques ont porté sur les implants eux-mêmes mais, aujourd'hui, les améliorations sont plutôt orientées sur les techniques chirurgicales, notamment *via* l'apport du numérique (planification, aide à la décision, navigation, robotique, sur-mesure). Cette dernière décennie, les progrès de l'imagerie et du numérique ont en effet permis l'avènement de la planification préopératoire et ce, dans toutes les spécialités orthopédiques.

Sur la base d'un examen d'imagerie (scanner ou IRM), un planning est réalisé en trois dimensions, permettant au praticien de préparer avec une grande précision son intervention (choix du dispositif le plus adapté, endroit exact et protocole de pose, etc.). Il est possible de faire des simulations pour choisir en amont la meilleure option chirurgicale. Les systèmes de navigation et les bras robotisés, entrés au bloc depuis quelques années, interviennent, eux, en peropératoire >>>

»»» pour guider au mieux la main du chirurgien lors du positionnement de l'implant. Enfin, une dernière perspective concerne l'impression 3D. En la matière, l'orthopédie est réellement pionnière. Il existe deux types d'usage d'une imprimante 3D sur la base de données d'imagerie : la fabrication d'un bloc de coupe tenant compte des techniques de pose et des contraintes du chirurgien, et la fabrication de prothèses ou d'instrumentations sur-mesure. Ceci est particulièrement intéressant pour la prise en charge de certaines

destructions articulaires, de morphologies hors-normes ou de pathologies destructrices nécessitant jusqu'ici de passer par une greffe osseuse avant d'implanter un dispositif.

Des bénéfices pour le patient et pour le système de santé

Grâce à tous ces progrès, les gestes ont gagné en précision, en sécurité et en reproductibilité. Parce qu'elles sont moins invasives, les interventions

favorisent le développement de l'ambulatoire. Grâce à ces aides à la décision et à l'intervention, les prothèses sont par conséquent de mieux en mieux posées et le taux de reprise s'en voit diminué. En outre, les patients, prévenus et préparés dès la phase préopératoire, récupèrent plus rapidement (*voir encadré ci-dessous*). Mais, comme toujours en orthopédie, cette révolution des pratiques n'est possible que grâce à l'étroite collaboration qui a toujours existé entre industriels et chirurgiens de la spécialité (*voir encadré page 9*).

Zoom sur la récupération améliorée après chirurgie (RAAC)

En 2016, la Haute Autorité de santé (HAS) publiait une recommandation de bonnes pratiques sur les programmes de récupération améliorée après chirurgie (RAAC). Cette notion, développée dans les années 90 au Danemark, repose sur une approche de prise en charge globale du patient (c'est-à-dire en pré, per et postopératoire) et vise à favoriser le rétablissement précoce de ses capacités après une chirurgie. Diverses spécialités médicales sont aujourd'hui concernées, parmi lesquelles l'orthopédie. Un programme de RAAC est fondé sur les principes clés suivants : information et formation

du patient à la démarche, anticipation de l'organisation des soins et de sa sortie, réduction des conséquences du stress chirurgical, contrôle de la douleur, favorisation et stimulation de l'autonomie des patients.

Reposant sur une approche pluridisciplinaire, la RAAC nécessite une coopération étroite entre professionnels de santé, hospitaliers comme libéraux. Le patient y a également un rôle actif et doit y adhérer, dès la phase préopératoire. Ses objectifs sont d'améliorer la satisfaction du patient, de réduire les complications postopératoires ainsi que la durée d'hospitalisation

en luttant contre les facteurs pouvant retarder la récupération : douleurs, vomissements, stress, retard de reprise du transit, perturbation du sommeil, dénutrition... Ainsi, « *l'immobilisation, longtemps préconisée, est aujourd'hui reconnue comme un facteur de retard de la récupération*, explique le P^r Mertl, chef du service de Chirurgie orthopédique et traumatologique du CHU d'Amiens-Picardie. *Désormais, dans les services de traumatologie et d'orthopédie, les patients sont verticalisés le plus tôt possible et l'on constate, grâce à cette amélioration globale des pratiques, une récupération beaucoup plus rapide* ».

ANCILLAIRES ET INSTRUMENTS

DES ACCESSOIRES QUI NE LE SONT PAS

En orthopédie, les implants ont connu ces dernières décennies d'incroyables innovations. Mais que serait une prothèse sans une instrumentation adaptée permettant la meilleure pose possible ? Le domaine des ancillaires a, lui aussi, énormément évolué dans le temps. Et continue de le faire.



DE LA THÉORIE...

On appelle « ancillaires » un outillage spécifique conçu pour réaliser des actions au cours d'une intervention chirurgicale et dédié à un implant. Leur éventail est, de ce fait, immensément large : si certains instruments, d'utilisation générale, se retrouvent dans tous les blocs opératoires, les ancillaires sont spécifiques à chaque spécialité (orthopédie, cardiologie, gynécologie...), à chaque type d'intervention (traumatologie, arthroplastie @,

ostéosynthèse @...), à chaque partie (épaule, genou, hanche, main, rachis, etc.) et à chaque composant (tissu, os, etc.) du corps humain.

À LA PRATIQUE

Une intervention en orthopédie va nécessiter de très nombreux instruments, proposés la plupart du temps sous forme de kits ou de boîtes. On distingue, d'une part, une instrumentation de base >>>

L'IMPRESSION 3D, POUR LES IMPLANTS AUSSI « Une solution pour les patients qui n'en avaient pas »

D^r Pierre Métais, chirurgien orthopédiste à la clinique de la Châtaigneraie à Beaumont.

« On dispose de prothèses dont on adapte la taille des différents composants à chaque patient au bloc. Et cela fonctionne parfaitement pour l'immense majorité d'entre eux. Mais, dans 1% des cas, on se retrouve confrontés à des destructions articulaires, à des morphologies hors-normes ou à des pathologies fortement destructrices (cancers très évolués, dysplasies, problèmes infectieux, etc.). Ces cas, certes rares, nécessitent donc une autre approche. Jusqu'à présent, on procédait à une greffe osseuse afin de pouvoir poser par la suite un implant standard. Avec les nouvelles technologies, on peut désormais imprimer en 3D des implants totalement sur-mesure.

En pratique, le chirurgien et l'ingénieur vont travailler main dans la main sur la base des données récoltées par imagerie : analyse des déformations, évaluation, etc. L'ingénieur soumet ensuite ses propositions au chirurgien qui valide les différentes étapes de modélisation de la prothèse avant qu'elle ne soit mise en production auprès de techniciens dédiés et

formés expressément pour remplir le cahier des charges (tourneur-fraiseur, impression, ponçage, revêtement de surface, etc.). Si des outils spécifiques sont nécessaires à la pose de cet implant sur-mesure, ils sont également fabriqués selon les mêmes modalités que l'instrumentation sur-mesure. Tout cela facilite le temps de pose et optimise la récupération fonctionnelle chez des patients fortement atteints. On diminue les complications et la morbidité. Bien sûr, cette approche demeure une niche au regard du nombre de patients concernés. Mais quel progrès de pouvoir la proposer à des patients qui jusqu'ici n'avaient pas de solution ! L'échange entre professionnels de santé et industriels est fondamental pour assurer une cohérence entre anatomie et biomécanique. Il y a un véritable partage des compétences de chacun, l'ingénieur maîtrisant le matériau, le chirurgien son intégration dans le corps. C'est une nouvelle manière de travailler passionnante qui permet de découvrir les contraintes de l'autre, pour trouver le meilleur compromis. »

»»» commune à toutes les chirurgies (porte-aiguille, bistouris, ciseaux, pinces, écarteurs, crochets...). D'autre part s'ajoutent des instruments propres au travail de l'os (rugines, curettes, marteaux, maillets, ciseaux à os...). Des éléments spécifiques à chaque implant, les ancillaires, viennent compléter la panoplie (vis, fragments, plaques, lames, clous, agrafes, broches composantes de la prothèse elle-même, guide de coupe, mesureur d'angle, etc.). Enfin, pour certains cas, une instrumentation dédiée peut encore venir en complément : il s'agit d'un ancillaire à usage unique fabriqué en amont pour une intervention unique, un modèle unique de prothèse et un patient unique.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Les tout premiers instruments, en silex et utilisés pour pratiquer des craniotomies, apparurent au Néolithique. Au cours de l'Antiquité (en Inde, en Grèce et à Rome) furent développés des instruments un peu plus sophistiqués en bronze, en fer et en argent (scalpels, scies, aiguilles...). Considérée au Moyen Âge comme relevant de l'obscurantisme, la chirurgie ne connut pas d'avancées significatives avant la Renaissance et Ambroise Paré qui, fort de son expérience sur les champs de bataille, développa de nombreux instruments. C'est ensuite au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle, puis dans la première moitié du XX^e, que les techniques chirurgicales et le matériel associé furent améliorés, portés par les progrès réalisés

Années
1800-1950

Amélioration des techniques chirurgicales et de l'asepsie

Années
1950-2000

Diversification des ancillaires

2010

Apparition des ancillaires à usage unique

2012

Arrivée de l'impression 3D en orthopédie

en connaissance anatomique, en asepsie et en anesthésie, permettant concomitamment le développement de l'orthopédie.

Au cours du XX^e siècle, chirurgiens et industriels œuvrèrent de concert pour perfectionner encore les instruments, notamment sur le plan des matériaux (afin de permettre la stérilisation et de favoriser l'asepsie), du design et de l'ergonomie (pour favoriser davantage de préhension et de précision). Au fil des décennies, le nombre d'implants ne cessa d'augmenter, offrant des indications toujours plus étendues.

La piste des ancillaires à usage unique

Mais, paradoxalement, ce merveilleux foisonnement de l'instrumentation pose également certains défis, notamment en termes de gestion et de logistique : le nombre d'ancillaires nécessaires à une chirurgie orthopédique est très important, posant la question de leur stockage. Leur contrôle et leur stérilisation nécessitent par ailleurs du temps. Ainsi, depuis une dizaine d'années sont

apparus des ancillaires stériles à usage unique pour certaines chirurgies, dont celle du rachis par exemple, affranchis de l'étape de stérilisation. Le risque d'infection nosocomiale ou de contamination croisée s'en trouve ainsi réduit. Ces ancillaires dits « prêts à l'emploi », car immédiatement disponibles, sont peu encombrants et plus légers : un véritable atout pour les personnels hospitaliers. Ce modèle apporte une amélioration organisationnelle des flux dans la lignée du développement

de la chirurgie ambulatoire et des techniques mini-invasives et percutanées.

Néanmoins, certains défis continuent de mobiliser les industriels du secteur. Cela concerne le recyclage de ces instruments à usage unique bien que, sur ce point, des études, notamment en chirurgie du rachis, ont démontré que le coût environnemental par procédure chirurgicale est moindre que d'utiliser des ancillaires restérilisables ; de même, l'établissement de santé réalise ainsi >>>



Guides de positionnement 3D

» des économies (coût et durée de désinfection et stérilisation, consommation en eau et désinfectants, temps de manipulation...) et la durée de l'intervention chirurgicale s'en trouve également réduite.

L'avancée majeure de la planification opératoire

Parallèlement, les progrès de l'imagerie ont permis la planification préopératoire et donc la personnalisation des implants et des ancillaires : la planification de l'intervention par l'imagerie en coupe (scanner ou IRM) permet de mieux apprécier les lésions articulaires et de mieux poser l'implant tout en ayant recours dans certains cas à une instrumentation dédiée ou une prothèse sur-mesure. La majorité des lésions articulaires répondent à des standards en termes d'instrumentation et d'implants mais, dans le cas contraire, l'imagerie permet de faire le bon choix.

Les promesses de l'impression 3D

Concernant la question du stockage, l'impression 3D pourrait peut-être apporter une réponse, même si le conditionnel reste de mise.

En la matière, l'orthopédie fait réellement figure de pionnière dans le monde médical puisqu'elle s'y intéresse depuis le début des années 2010. Quel en est le principe ? Sur la base d'un scanner, les images sont importées dans un logiciel dédié. Sont ensuite définies les spécificités de la pose de la prothèse, sa position, la taille des implants, les mobilités, etc. Puis des solutions sont proposées et évaluées en fonction des contraintes chirurgicales et biomécaniques. La validation se fait de concert avec le chirurgien et l'ingénieur. La prothèse ou l'ancillaire sur-mesure sont par la suite fabriqués grâce à la fusion couche par couche d'une poudre de polymère médical ou

À SAVOIR

L'impression 3D peut également permettre de faire du prototypage rapide pour un instrument spécifique. Les industriels travaillent en collaboration avec des ergonomistes pour rendre le geste opératoire plus fluide et reproductif et limiter les pertes de temps.

de titane (pour une prothèse) *via* une imprimante 3D. Ce procédé permet de connaître la taille exacte de l'implant et de fabriquer de fait une instrumentation qui correspond parfaitement au patient et à l'intervention. Cette dernière en devient potentiellement plus rapide, moins invasive et plus précise, puisque le chirurgien a pu préparer son intervention en amont sur la base du modèle transmis.

Une question de doigté

D'aucuns pensent, à tort, que l'impression 3D a été inventée au XXI^e siècle. Or, il n'en est rien ! Dès 1980, un chercheur japonais, Hideo Kodama, décrit pour la première fois une approche de la fabrication couche par couche, en utilisant la lumière ultraviolette pour durcir une résine photosensible. N'ayant pas rempli à temps son dossier de dépôt de brevet, sa paternité ne fut pas reconnue. En 1984, un trio de chercheurs français se penche à son tour sur cette technique, mais doit abandonner le projet. C'est finalement un Américain, Charles Hull, qui dépose le premier brevet de la « stéréolithographie » en 1986. Deux ans plus tard, un universitaire du Texas dépose à son tour le brevet du frittage sélectif par laser (qui repose sur la fusion de grains de poudre à l'aide d'un laser). Parallèlement est déposé, toujours aux États-Unis, un brevet pour le dépôt de fil, la troisième principale méthode d'impression 3D.

MAXILLO-FACIALE

RÉPARER LES « GUEULES CASSÉES »

La chirurgie maxillo-faciale se situe à la limite entre l'orthopédie et la dentisterie. Comme d'autres spécialités traumatologiques, elle s'est particulièrement développée au XX^e siècle au cours des deux Guerres mondiales, permettant la prise en charge des soldats gravement défigurés. Aujourd'hui, les progrès en la matière offrent des indications élargies.



DE LA THÉORIE...

L'orthopédie des maxillaires et de la face, à la frontière avec la dentisterie, n'est pourtant pas à confondre avec l'orthodontie. La maxillo-faciale intervient pour rectifier les éventuelles anomalies ou déformations du visage (du crâne, du tiers-moyen et de la mandibule). Ces dernières peuvent être dues à des traumatismes, à des fractures de la vie quotidienne, à une difformité faciale (chirurgie orthognatique) ou encore à des cancers de

la mandibule ou du tiers moyen. Il devient alors nécessaire de repositionner la partie de la face fracturée, déformée ou décalée afin de lui rendre sa mobilité (mastication, parole, respiration, etc.).

À LA PRATIQUE

Comme pour d'autres membres ou articulations du corps humain, certains traumatismes, difformités ou constructions de la face nécessitent >>>

1915-1918

Développement des centres de chirurgie et de prothèses maxillo-faciales

Seconde Guerre mondiale

Mise au point des fixateurs externes mandibulaires

1950-2000

Développement de la chirurgie maxillo-faciale

»» une utilisation d'ostéosynthèse avec des plaques et des vis. Cette intervention est pratiquée, la plupart du temps, par un chirurgien maxillo-facial (spécialiste de la sphère cranio-maxillo-faciale).

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Des papyrus montrent que la chirurgie faciale existait dès l'Égypte antique. Les chirurgiens arabes de l'Antiquité semblent également s'y être intéressés. Mais c'est véritablement à la Renaissance que la chirurgie faciale connut un certain développement : Ambroise Paré s'intéressa notamment aux fractures mandibulaires. Néanmoins, toucher au visage restait considéré comme un sacrilège et la chirurgie maxillo-faciale était condamnée par l'Église et par la faculté de médecine de Paris – cette dernière la qualifiant de « *contraire aux intentions divines* ».

Au XIX^e siècle, les guerres napoléoniennes entraînèrent de nombreuses fractures de la face, ouvrant la voie à la diffusion et au développement de la chirurgie réparatrice, également facilitée par les progrès de l'anesthésie.



Une spécialité de guerre

Mais c'est réellement la Première Guerre mondiale, particulièrement violente, qui entraîna le développement de la chirurgie maxillo-faciale pour venir en aide aux tristement célèbres « gueules cassées » qu'il fallait reconstruire. C'est en effet à cette époque que furent développés les centres de chirurgie et de prothèses maxillo-faciales pour accueillir et soigner ces derniers. Entre 1915 et 1918, dix-sept centres furent créés, les plus importants

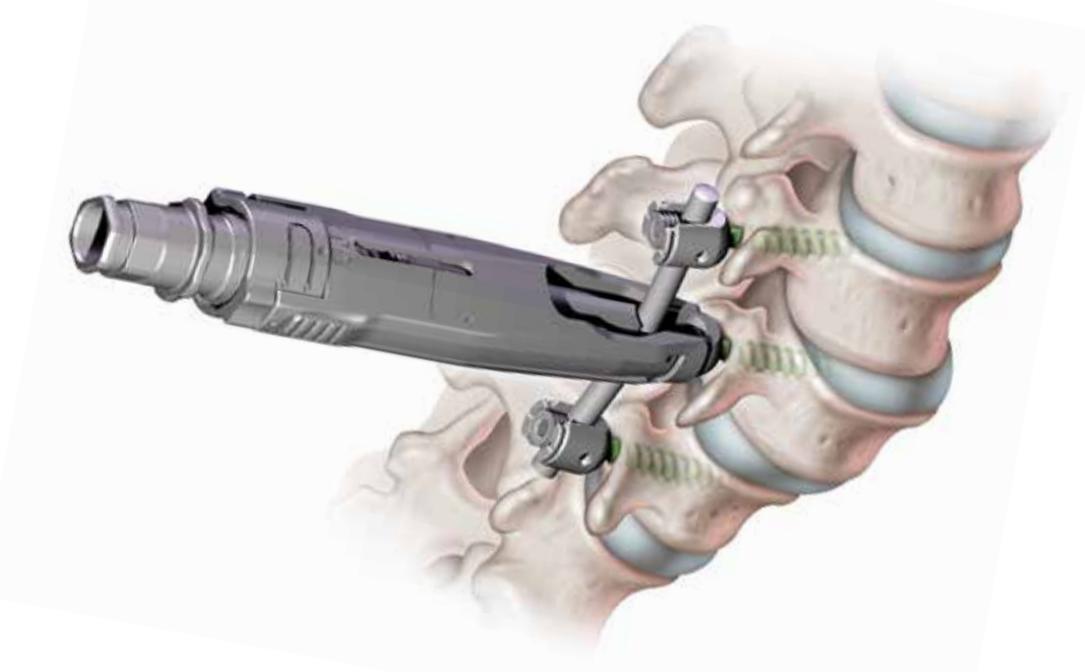
étant ceux du Val-de-Grâce, de Bordeaux et de Lyon. Puis, pendant la Seconde Guerre mondiale, les traumatismes à prendre en charge entraînèrent la mise au point de divers dispositifs, tels que des fixateurs externes mandibulaires, et des instruments d'une meilleure précision.

Durant la seconde moitié du XX^e siècle, la chirurgie maxillo-faciale bénéficia des nombreux progrès réalisés en orthopédie, notamment en matière d'ostéotomies et d'ostéosyntheses, à la fois plus précises et aux indications élargies.

RACHIS

POUR UNE CHIRURGIE PLUS PRÉCISE ET MOINS INVASIVE

Dès que la colonne vertébrale faiblit, c'est tout le corps humain, dont elle est le tuteur, qui est déséquilibré. Si elle a longtemps été l'objet de réticences car considérée comme relevant du quasi-sacré, la colonne vertébrale a connu ces dernières décennies d'importantes innovations, permettant de gagner en précision chirurgicale tout en augmentant le bénéfice patient.



DE LA THÉORIE...

La colonne vertébrale (ou rachis) est composée de 33 vertèbres superposées les unes aux autres et a pour fonction le maintien du tronc ainsi que la protection de la moelle épinière, laquelle donne naissance à tous les nerfs des membres et du tronc. Elle s'étend de la base du crâne jusqu'au sacrum et au coccyx, qui sont parties intégrantes du bassin. Entre ces 2 extrémités, on dénombre 3 segments :

- Le segment cervical : ce sont les 7 premières vertèbres qui permettent les mouvements du cou et de la tête, nommées C1 à C7.

- Le segment thoracique : composé de 12 vertèbres, T1 à T12, il fait partie de la cage thoracique et permet l'articulation avec les côtes.

- Le segment lombaire : il comporte 5 vertèbres, L1 à L5, et permet les mouvements du bas du dos. En matière de rachis, il existe un large panel de dispositifs médicaux (tiges, crochets, vis pédiculaires, plaques, prothèses discales, cages, ballonnets...), de techniques et d'approches chirurgicales plus ou moins invasives (abord antérieur, postérieur, percutané, arthrodèses, vertébroplastie, cyphoplastie...) qui permettent de couvrir toutes les pathologies vertébrales (traumatiques, dégénératives) et ce, quelle qu'en soit l'origine : ostéoporose, dégénérescence discale, tumeur primitive ou métastase. Enfin, les dispositifs rachidiens permettent de corriger les déformations de la colonne vertébrale, à commencer par la scoliose chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte (voir sur le sujet le chapitre « Traitement de la scoliose »).



1962

Tige de Harrington

1963

Vis pédiculaire
de Roy-Camille

1983

Instrumentation
Cotrel-Dubousset

1984

Vertébroplastie[®]
du P^r Deramond

1998

Cyphoplastie[®]
par ballonnets

À LA PRATIQUE

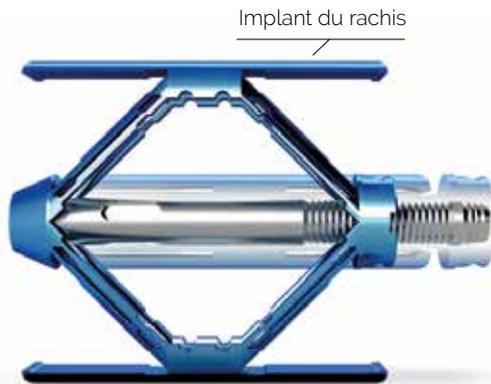
Selon les pathologies, une première approche va consister à fixer la colonne vertébrale en bonne position pour permettre une fusion entre les vertèbres grâce à des crochets (de moins en moins utilisés) et/ou grâce à des vis pédiculaires fixés sur des tiges.

Pour consolider une vertèbre existante dans le cadre d'une fracture vertébrale, on peut procéder à une vertébroplastie (qui consiste à injecter du ciment dans le corps vertébral par voie percutanée)

ou à une cyphoplastie (qui consiste à gonfler des ballonnets dans la partie spongieuse de l'os puis à y introduire un ciment) dans le but de réduire et stabiliser la fracture, de rétablir la hauteur vertébrale et de diminuer la douleur.

Dans d'autres cas, il faut en revanche remplacer le disque intervertébral au moyen d'une prothèse discale mobile (deux plateaux avec un noyau mobile central permettant une certaine flexibilité) ou d'une cage (sorte de bague de maintien) remplie avec une greffe osseuse lorsque l'on veut souder deux vertèbres adjacentes, afin de conserver ou restaurer la courbure vertébrale, dont la perte serait génératrice de douleurs.

orthopédiste et traumatologue à la Polyclinique Bordeaux Nord Aquitaine. *Avant la Seconde Guerre mondiale, on cherchait essentiellement à corriger les déformations en utilisant des systèmes d'élongation et des corsets. Des systèmes au demeurant très contraignants et à l'efficacité très relative, voire nulle. Puis, dans les années 30, le diagnostic de la hernie discale fut relié à la douleur de la sciatique dans les jambes, un diagnostic posé pour la première fois en 1930 par les Français Théophile Alajouanine et Daniel Petit-Dutaillis, quatre années avant les Britanniques Joseph Barr et William Mixter, souvent cités par la littérature ».*



UNE HISTOIRE D'INNOVATION

La chirurgie du rachis est relativement récente, même si des essais ont été menés dès le XIX^e siècle. « *En effet, la colonne vertébrale est longtemps restée quelque chose de très mythique, un arbre de vie très sacralisé, un peu comme le cœur,* explique le P^r Jean-Charles Le Huec, chirurgien

La France, précurseur dans la chirurgie rachidienne

En 1963, un chirurgien français, le P^r Raymond Roy-Camille, décrit la fixation par vis pédiculaire, un concept fondateur pour tous les systèmes à venir. Utilisant des dispositifs jusqu'alors employés pour les fractures de jambe (plaques de Sherman et vis), il les adapta à la colonne – un peu par hasard – en soudant entre elles les vertèbres d'un patient

Fin
1990-2000

Développement
des prothèses discales

Années
2010

Techniques mini-invasives
et chirurgie assistée par
ordinateur



souffrant d'une fracture du rachis lombaire. Fort du succès de l'opération, il procéda ensuite à une analyse anatomique plus précise et détailla sa technique consistant à mettre des vis dans le pédicule[ⓐ], la partie la plus résistante de la vertèbre. Il mit au point une instrumentation rachidienne spécifique et cartographia les marqueurs du point d'entrée des vis permettant d'atteindre le corps vertébral par une voie d'abord postérieure sans toucher les nerfs. Aujourd'hui encore, cette technique reste la base de toutes les ostéosyntheses postérieures.

L'essor des années 80

Le traitement des scolioses fut transformé dès 1963 par l'utilisation des tiges de Harrington. Les inconvénients de la méthode nécessitant un corset en postopératoire et entraînant souvent un dos plat ont en effet poussé à de nouvelles évolutions.

Au début des années 80, la mise au point de l'instrumentation Cotrel-Dubousset marqua un véritable tournant dans la chirurgie du rachis : leur concept reposait sur l'idée de répartir les contraintes sur les vertèbres clés pour corriger la scoliose par dérotation[ⓐ], en utilisant initialement des crochets puis rapidement des vis pédiculaires. Leur méthode s'étendit peu à peu à toutes les pathologies du rachis. Au cours des années suivantes, diverses améliorations furent apportées aux vis pédiculaires. Si les premières comportaient une partie fermée en haut avec un >>>

30 à 50%

Chiffre clé

C'est le pourcentage de patients atteints d'un cancer et souffrant d'une lésion métastatique rachidienne, la plus fréquemment rencontrée.

Source : La Revue Médicale Suisse, 2016.

La chirurgie du rachis, à l'origine du développement de la stéréoradiographie

La stéréoradiographie dite « du corps entier » consiste en l'acquisition simultanée d'images par rayons X de face et de profil. Elle permet, de ce fait, une modélisation 3D du squelette en position debout. À l'origine, elle fut développée spécifiquement pour les besoins de l'orthopédie : en effet, la grande taille de certains os et les fortes doses de rayons nécessaires pour obtenir des clichés de qualité posent problème avec les systèmes de rayons X classiques. De plus, les orthopédistes doivent pouvoir disposer d'une vue d'ensemble du squelette en 2D et 3D pour visualiser son organisation et le positionnement dans l'espace des structures osseuses. Depuis le début des années 2000, il est donc possible de réaliser une radiographie en 2D /3D du corps entier en position fonctionnelle, c'est-à-dire debout ou assis, là où, auparavant,

on travaillait segment par segment. Depuis, la technologie s'est diffusée pour le suivi des déformations de la colonne vertébrale chez les enfants et les adultes, jusqu'à devenir aujourd'hui un standard de soins en rachis et, plus largement, pour l'examen du système ostéoarticulaire (hanche, genou) et les besoins de la chirurgie orthopédique.

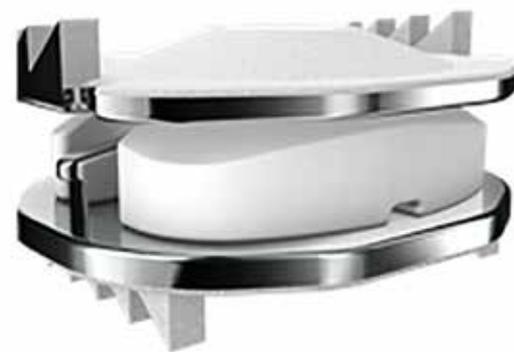
Cette technologie facilite grandement la planification chirurgicale puisqu'elle s'accompagne de logiciels spécifiques destinés aux chirurgiens afin que ceux-ci puissent simuler leurs interventions (évaluer la taille et la position idéales d'un implant à poser, par exemple) mais aussi estimer la manière dont la hanche va se repositionner après la pose d'une prothèse, ou dont la colonne va se déformer après la pose d'une tige en métal, etc.

»»» trou dans lequel il fallait glisser la tige, des vis « tulipes » apparentent : leur forme en U permettait de les poser puis d'y installer la tige avant de verrouiller avec un bouchon. Pourtant, les arthrodèses du rachis restent des interventions très invasives, nécessitant d'ouvrir le patient sur toute la longueur.

Remobiliser grâce aux prothèses discales

Si ces avancées consécutives permirent une meilleure prise en charge des pathologies du rachis, toutes reposaient néanmoins sur le concept de fusion. « On bloquait la colonne vertébrale en cas de scoliose ou de rachis dégénératif ou on la stabilisait en cas de fracture, raconte le Pr Le Huec. La dernière innovation a été de rétablir une certaine souplesse du rachis : ce fut le développement des prothèses discales ».

Si des essais peu concluants avaient été menés au début des années 50, puis au milieu des années 60,



ce n'est que depuis une vingtaine d'années qu'elles ont véritablement été mises au point et diffusées. Et, encore aujourd'hui, elles restent relativement confidentielles. « *Au départ, elles n'étaient prescrites que dans certains cas très précis, c'est-à-dire uniquement pour le rachis lombaire et le rachis cervical, chez des sujets relativement jeunes, et posées par des mains expertes dans des centres spécialisés* », poursuit le Pr Le Huec.

Des techniques mini-invasives pour répondre à l'enjeu du vieillissement

Or, l'un des défis à relever pour le secteur de l'orthopédie est celui de la prise en charge des personnes âgées, de plus en plus nombreuses, et avec elles l'augmentation de pathologies associées (discarthrose et ostéoporose notamment). « *Ces dernières années, les prothèses discales mais également cervicales et lombaires ont été nettement améliorées, confirme le Pr Le Huec. Ce sont des dispositifs aujourd'hui beaucoup mieux cernés et leurs indications sont élargies* ».

Mais ce sont surtout les techniques de voie d'abord mini-invasives pour les fractures qui ont largement été développées récemment, autorisant des chirurgies complexes sur les patients fragiles que sont les personnes âgées. « *Avec les amplificateurs de brillance, il est possible de bien repérer le pédicule et, à l'aide d'une aiguille, d'y insérer une broche puis de glisser les vis et les tiges*, décrit le Pr Le Huec.



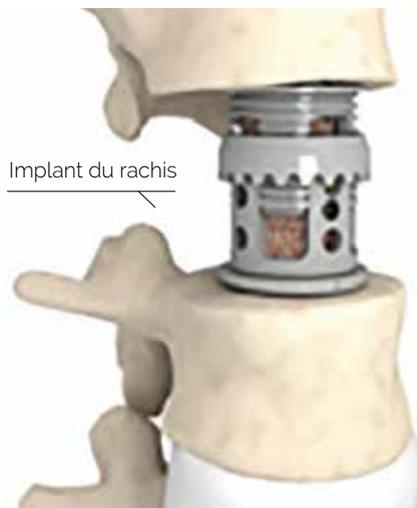
Cette technique permet aussi de traiter des métastases sans pratiquer de grandes ouvertures. On l'applique également désormais aux fractures simples thoraco-lombaires pour les sujets jeunes ». Une innovation qui permet la stabilisation de patients polytraumatisés et une récupération plus rapide. Enfin, cette dernière décennie a vu l'explosion de la cyphoplastie par ballonnets, qui vise à traiter les fractures vertébrales ostéoporotiques ou

métastatiques par compression : deux ballonnets sont introduits puis gonflés afin de rétablir la hauteur vertébrale. Un ciment osseux est ensuite injecté pour consolider la fracture. « *Avec cette technique, le ciment se répand de manière harmonieuse et plus solide en limitant les fuites, même en cas d'ostéoporose, analyse le spécialiste. Le vissage percutané cimenté permet un ancrage satisfaisant, même sur des personnes âgées aux os fragilisés* ». >>>

L'entrée dans l'ère de la chirurgie robot-assistée

De fait, si peu d'évolutions ont été apportées ces dernières années aux implants à proprement parler, dont les concepts font largement consensus, le développement de la planification et de la navigation a largement modifié les usages.

« La chirurgie assistée par navigation a longtemps été réservée à la neurologie crânienne, mais cela se démocratise peu à peu pour le rachis », explique le Pr Le Huec. Couplée à des logiciels de planification, cette technologie permet d'avoir les repères anatomiques en préopératoire et, par conséquent,



de réaliser des gestes difficiles de manière sécurisée et plus précise, en étant moins agressif et en détruisant moins de muscles.

Pourtant, pour le spécialiste, les années à venir réservent encore de belles surprises. « La décennie à venir nous réserve une véritable révolution avec le développement des robots manipulateurs qui peuvent faire des gestes spécifiques difficiles ou non sécurisés pour la main du chirurgien, sur la base des techniques éprouvées comme l'ostéotomie par exemple. Cela permettra de réduire encore l'invasivité et, sans doute, la vitesse, sous réserve de la formation adéquate des professionnels de santé. »

La marche de l'innovation technologique est donc loin d'être finie.

La lombalgie, le mal du siècle

En France, le mal de dos est une réalité professionnelle. En effet, plus de 4 actifs sur 5 déclarent avoir déjà eu des problèmes de dos pendant ou après le travail. Ainsi, en 2017, 20% des accidents du travail sont des lombalgies^① (contre 13% en 2005) et elles représentent 7% des maladies professionnelles. La dégénérescence discale est un processus essentiellement génétique, néanmoins certains facteurs de risques sont communs à toutes les professions (manutentions, chutes, heurts, trébuchements, postures contraignantes)

et peuvent donc toucher tous les salariés. Certaines populations sont plus particulièrement exposées : manutentionnaires, conducteurs d'engins, travailleurs de force, travailleurs exposés à des postures contraignantes.

Plus largement, c'est près de 80% de la population française qui souffrira de maux du dos au cours de sa vie, et plus de la moitié peut déjà témoigner d'au moins un épisode de mal de dos dans les douze derniers mois. Et, si les 40-60 ans semblent les plus concernés, le mal de dos

touche tous les âges. Ce symptôme est un motif de consultation fréquent, au second rang des motifs de consultation pour la lombalgie aiguë (moins de 4 semaines) et au huitième rang pour la lombalgie chronique (plus de 3 mois). De fait, 39% des Français déclarent avoir consulté au moins une fois leur médecin traitant en raison d'un mal de dos dans les douze derniers mois.

(Source : L'Assurance maladie)

TRAITEMENT DE LA SCOLIOSE

DU HANDICAP À LA REPRISE DE LA VIE ACTIVE

Longtemps synonyme de handicap, la scoliose n'est plus, aujourd'hui, une fatalité. Diverses innovations ont permis, au fil du temps, la mise au point de techniques et dispositifs de moins en moins invasifs. Une révolution, notamment pour les enfants et les adolescents, les plus touchés par cette pathologie.



DE LA THÉORIE...

« On appelle scoliose une déformation de la colonne vertébrale dans les trois plans de l'espace (frontal, sagittal et transversal), due à une rotation des vertèbres », explique le Dr Louis Boissière, chirurgien orthopédiste au CHU de Bordeaux et à la Clinique du dos de Terrefort. Les courbures naturelles de la colonne vertébrale sont modifiées par un phénomène de torsion. Cette pathologie entraîne une déformation, appelée « gibbosité ». Si elle touche

plus classiquement les enfants et les adolescents, elle peut également survenir à l'âge adulte suite à une maladie ou à une dégénérescence.

On distingue trois types de scolioses : la scoliose idiopathique, la scoliose secondaire et la scoliose « de novo ». La scoliose idiopathique, la plus connue, débute à la préadolescence. Elle touche surtout les filles (entre 8 à 9 cas sur 10). La plupart du temps, l'évolution de la maladie s'accélère durant la puberté. Non stabilisée à la fin de l'adolescence, elle peut continuer à progresser à l'âge adulte. >>>

FOCUS

Le Pr Aurélien Courvoisier, chirurgien orthopédiste pédiatrique au Centre Alpin de la Scoliose, est pionnier dans la chirurgie mini-invasive de la scoliose des enfants. Il détaille cette nouvelle technique.

Si la grande majorité des scolioses ont une fin programmée au terme de la croissance, certaines sont susceptibles d'évoluer gravement : c'est le cas d'environ un quart d'entre elles, l'aggravation étant due la plupart du temps à un problème d'observance du corset ou au caractère trop virulent de la pathologie.

Grâce aux systèmes d'imagerie actuels, il est de plus en plus aisé de savoir quelles scolioses, dépistées précocement, pourront nécessiter une chirurgie. Conventionnellement, on recourt alors à une arthrodèse vertébrale. Mais cette technique par fusion, si elle stabilise le mal, entraîne une grande cicatrice et une perte de mobilité. En effet, fusionner la colonne vertébrale entière d'un enfant de 15 ans est vraiment problématique. L'objectif est donc de diminuer le recours à l'arthrodèse en fin de croissance, ce que permet une nouvelle approche mini-invasive.

Celle-ci repose sur l'idée de transformer le corset externe en un corset interne. Dans le détail, on sait que, en cas de scoliose, la croissance de la concavité est moins importante que celle de la convexité. L'enjeu est de prendre le contrepied

en travaillant sur le cartilage de croissance d'un côté, pour obliger le côté déformé à travailler et diminuer ainsi la courbure.

Si ce principe d'épiphysiodèse  est utilisé depuis longtemps pour les membres inférieurs, sa transposition à la colonne vertébrale a été complexe et il a fallu créer des modèles animaux pour en étudier la faisabilité. En pratique, l'intervention consiste à pratiquer des petites incisions sous l'aisselle droite, ce qui permet d'accéder directement au corps vertébral en passant à travers les côtes. Sous le contrôle d'un endoscope, on vient placer une vis dans chaque vertèbre, avant de les relier avec un câble que l'on tend progressivement, segment vertébral par segment vertébral. Il y a alors une correction immédiate flagrante, puis la nature fait le reste.

Le recul que l'on commence à avoir sur cette technique, dont la première mondiale a eu lieu aux États-Unis en 2010, offre des résultats probants avec, à deux ans de l'intervention, des dos quasiment droits et mobiles. En outre, comme elle n'est pas irréversible, une arthrodèse par fusion est possible si cela s'avérait vraiment nécessaire

– à certaines conditions extrêmement précises, c'est-à-dire sur des patients au pied de leur pic pubertaire et dont la maturation osseuse n'est pas terminée (en raison du rôle fondamental de la croissance), présentant une scoliose flexible (en raison du recours au câble) et que l'on sait assez importante pour nécessiter une fusion en fin de croissance. Quant au risque d'hypercorrection, s'il existe effectivement, il peut être corrigé en pratiquant une seconde thoracoscopie  pour détendre le câble.

Aujourd'hui, cette technique est encore très confidentielle (seuls deux centres la pratiquent). Néanmoins, une validation clinique pilotée par le CHU de Grenoble est sur le point de commencer. Espérons qu'elle corroborera les bénéfices de cette nouvelle approche que nous avons pu constater, parmi lesquels une récupération post-opératoire plus rapide (reprise de l'école après seulement 15 jours, reprise du sport après 3 mois) et une correction améliorée.

1962

Tige de Harrington

Années
1970

Premiers travaux d'Yves Cotrel sur l'instrumentation de Harrington

1983

Instrumentation Cotrel-Dubousset

Années
2000

Nouvelle approche par blocage convexe

Années
2010

Principe câble-vis par thoracoscopie

»» La scoliose secondaire, beaucoup plus rare chez les enfants, est la conséquence d'une maladie neuromusculaire ou osseuse, comme la maladie de Marfan ou l'infirmité motrice cérébrale (IMC). Enfin, la scoliose de novo est due à une dégénérescence des disques intervertébraux et des vertèbres. Liée à l'avancée en âge, elle se déclare tardivement et est de plus en plus fréquente du fait de l'allongement de la durée de vie.

À LA PRATIQUE

Une scoliose évolutive chez l'enfant et chez l'adolescent nécessite en premier recours le port d'un corset pour tenter de limiter son évolution. En cas d'échec du traitement orthopédique, un traitement chirurgical est alors envisagé dans le cas des formes les plus sévères, pour redresser la colonne vertébrale et redonner au patient un bon équilibre. Cette intervention consiste la plupart du temps à bloquer les vertèbres incluses dans la scoliose par des tiges, des vis et des crochets en titane. Une greffe osseuse est également pratiquée pour solidifier le tout.

Chez les adultes, l'intervention peut être envisagée pour soulager des douleurs persistantes et après échec du traitement médical. La chirurgie consiste en une arthrodèse pour solidariser les vertèbres entre elles et bloquer dans la bonne position une partie de la colonne.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

C'est en 1962 que survint la première véritable révolution dans le traitement de la scoliose, avec la mise au point du système de Harrington. Ce dispositif consistait en une tige crantée équipée d'un crochet à chaque extrémité permettant de la fixer aux vertèbres limites de la déformation. Il nécessitait tout de même le port d'un corset plâtre pendant quelques mois. Bien sûr, il présentait certains inconvénients : correction du plan frontal uniquement par distraction, décrochage des crochets en bas du dispositif, pertes de réduction, corrections partiellement satisfaisantes... À l'époque, néanmoins, cette technique restait extrêmement efficace et offrait des bons résultats sur les radios.

L'instrumentation Cotrel-Dubousset, la base de tout

Au milieu des années 70, Yves Cotrel, un chirurgien de Berck-sur-Mer spécialisé dans le traitement des scolioses, mit au point quelques procédés pour améliorer le fonctionnement du dispositif de Harrington, comme il l'avait déjà fait avec sa technique dite de l'EDF (Élongation, Dérotation, Flexion) pour le plâtre d'Abbott. Privé d'exercer précocement et contre son gré suite à une maladie, il consacra sa retraite forcée à la mise au point d'un prototype d'instrumentation qui permettait de réaliser une correction tridimensionnelle et, surtout, de supprimer le port du plâtre. Il s'associa au Pr Jean Dubousset qui travaillait depuis longtemps sur le tridimensionnel.

En 1983, les deux hommes opérèrent avec succès une scoliose neurologique à l'hôpital Saint-Vincent-de-Paul (Paris), première opération d'une longue lignée qui révolutionna littéralement la chirurgie du rachis. Par la suite, toutes les pathologies vertébrales furent (et sont encore!) opérées sur le concept de l'instrumentation Cotrel-Dubousset, »»

» même si celle-ci connaît quelques adaptations au fil des décennies. « *Les concepts, pour leur part, n'ont pas changé depuis Cotrel et Dubousset, confirme le Dr Boissière. Les industriels ont fait évoluer les implants, avec l'apparition secondaire des vis pédiculaires qui sont de plus en plus sophistiquées, et les matériaux, avec le remplacement de l'inox par du titane et du cobalt-chrome. Des systèmes cimentés et perforés pour une meilleure tenue ont été mis au point afin de s'adapter à la prise en charge de la population vieillissante. Mais la logique générale reste la même* ».

De la fusion à la non fusion des vertèbres

Il fallut attendre les années 2000 pour que l'épiphysiodèse, une technique ancienne mais peu répandue, soit de nouveau sujet d'attention. Son principe : bloquer la croissance du côté convexe du rachis afin que la partie concave se corrige d'elle-même en grandissant. Ce système repose sur la non fusion et permet de lier autant de vertèbres que nécessaire.

Concernant la voie, la correction de la colonne vertébrale s'est faite par une voie d'abord postérieure. Les corrections par voie antérieure et/ou combinée ont ensuite été courantes, avant que la voie postérieure ne s'impose de nouveau. Aujourd'hui, certains chirurgiens explorent toutefois de nouveau les corrections par voie antérieure pour certaines indications très spécifiques, avec la mise en place de liens. Celles-ci permettraient de maintenir une

certaine mobilité au niveau de la zone concernée. « *Cette piste semble actuellement intéressante mais la prudence reste de mise, le risque de reprises chirurgicales et de complications étant actuellement important*, tempère le Dr Boissière. *Tous les spécialistes s'accordent en revanche pour dire que les fusions étendues de la colonne vertébrale, encore couramment réalisées il y a dix ans, doivent être au maximum évitées et réservées pour les formes très sévères. Elles permettent en effet de bien corriger la scoliose mais entraînent une réduction de la mobilité. Les instrumentations modernes ainsi que la meilleure compréhension de la pathologie nous ont permis de réduire considérablement le nombre de vertèbres bloquées. Aujourd'hui, le principe est de libérer la colonne pour en préserver la mobilité et la fonction* ».

Cette technique mini-invasive est encore peu utilisée en France, les systèmes de vissée pédiculaire étant à ce jour en effet indiqués pour un abord postérieur.

Aujourd'hui et demain

L'arrivée des nouvelles technologies promettent encore des avancées dans la chirurgie du rachis. « *La collecte des données a changé nos pratiques, estime le Dr Boissière. Le partage de données collectives, au niveau national comme mondial, nous permet de mieux évaluer nos pratiques* ».

De même, la robotique va encore repousser les limites. « *Grâce aux systèmes de navigation, utilisés depuis une dizaine d'années, certaines complexités*

80%

Chiffre clé

Il s'agit du pourcentage des scolioses idiopathiques chez l'enfant et l'adolescent. 10 % sont d'origine neurologique, 5 % sont congénitales et 5 % sont dues à des causes diverses et rares.

Source : SOFCOT.

anatomiques ont déjà pu être dépassées, poursuit-il. Couplée à ces logiciels, la robotique va nous permettre d'aller encore plus loin. D'ailleurs, des robots existent déjà, pour la mise en place de vis pédiculaires, par exemple. Mais cela va se développer encore davantage dans un futur proche, nécessairement, il est vrai, une formation des chirurgiens pour cette nouvelle manière de travailler ».

Autant de perspectives confirmant la direction prise ces dernières années en chirurgie du rachis, à savoir la reprise d'une vie active.

PROTHÈSE D'ÉPAULE

LA RECONQUÊTE DE LA MOBILITÉ

En comparaison de la prothèse de hanche, celle de l'épaule pourrait être qualifiée de relativement jeune. Cependant, quelques avancées majeures et successives lui ont permis d'acquérir rapidement ses lettres de noblesse.



DE LA THÉORIE...

Articulation la plus mobile du corps humain, l'épaule est relativement complexe. Elle est composée de trois os : l'humérus, la scapula (ou omoplate) et la clavicule. Elle comporte plusieurs surfaces articulaires et de glissement (où se trouve le cartilage) situées entre la clavicule et l'humérus, qui permettent ses mouvements : mouvements circulaires, lever le bras, le tendre. Les quatre muscles de l'articulation sont appelés «coiffe des rotateurs». Celle-ci permet la stabilité et le maintien de l'humérus sur l'omoplate. Enfin, de nombreux ligaments et tendons viennent joindre et renforcer ces articulations.

En cas d'usure invalidante du cartilage (arthrose), souvent liée à l'avancée en âge, il peut être nécessaire de remplacer l'articulation par une prothèse. Cela peut être proposé aussi suite à une fracture complexe ou en cas de lésion importante et non réparable de la coiffe des rotateurs. Le but est de soulager la douleur et de rendre sa mobilité à l'articulation pour permettre au patient de réaliser de nouveau et aisément les gestes du quotidien (porter la main aux cheveux, à la bouche, saisir un objet...). À noter que, comme pour tous les autres implants orthopédiques, la pose d'une prothèse d'épaule n'est envisagée qu'après épuisement ou en cas d'impossibilité (traumatisme à traiter en urgence) des traitements médicamenteux. >>>

À LA PRATIQUE

Il existe différents types de prothèse d'épaule. Le choix de l'implant dépend de l'état d'usure du cartilage (prothèse partielle ou totale) et de la coiffe des rotateurs (prothèse anatomique ou inversée), ainsi que du profil du patient (notamment de son âge).

Les prothèses partielles, aussi appelées hémiarthroplasties, sont conçues pour remplacer seulement la partie endommagée de la tête de l'humérus. Les prothèses totales sont composées

Des profils de patients toujours plus variés

En matière de chirurgie de l'épaule, la grande majorité des patients sont plutôt âgés (65 ans et plus). Néanmoins, ces dernières années, des pathologies inédites, liées à de nouveaux métiers et modes de vie, ont fait émerger de nouveaux profils. Ainsi, on voit désormais de plus en plus d'actifs de 50 ans devant être opérés. L'arsenal thérapeutique élargi permet de choisir la meilleure option thérapeutique pour ces «jeunes patients» qui devront être réopérés entre dix et quinze ans plus tard.

d'une tête humérale métallique fixée par une tige ancrée dans l'humérus et d'une cupule en polyéthylène fixée sur la surface articulaire de la glène. Les prothèses anatomiques reproduisent l'anatomie de l'épaule : une sphère métallique est implantée en lieu et place de la tête humérale et une cupule en polyéthylène vient remplacer la glène. Les prothèses inversées, utilisées quand les tendons de la coiffe des rotateurs sont abîmés, permettent de redonner du mouvement au bras vers le haut et en rotation : la partie sphérique est fixée à l'omoplate et la cupule est fixée sur l'humérus.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Si l'on doit le concept et le dessin de la première prothèse totale d'épaule au chirurgien allemand Thémistocle Gluck en 1890, c'est le Français Jules Péan qui réalisa la première arthroplastie d'épaule trois ans plus tard, pour un cas de tuberculose. La tige humérale de la prothèse était en platinite et la tête en caoutchouc. Fonctionnelle dans un premier temps, la prothèse dut néanmoins être retirée pour cause d'infection deux ans plus tard. Puis, plus rien ou presque pendant cinq décennies. Il fallut en effet attendre 1951 et l'implant huméral de l'Américain Charles Neer pour entrer dans l'ère moderne de l'arthroplastie de l'épaule. Simple, non contrainte et monobloc, sa prothèse reproduisait exactement l'anatomie de l'extrémité supérieure de l'humérus. C'est également Neer qui mit au point, quelque vingt ans plus tard, la première glène en polyéthylène.



Les décennies suivantes furent marquées par la reprise et l'amélioration des concepts de Neer avec l'avènement, au début des années 90, de prothèses modulaires s'adaptant parfaitement à l'anatomie du patient, sous l'impulsion de chirurgiens français et d'après des travaux d'une grande précision. « Ces prothèses anatomiques permettent de remplacer les surfaces articulaires de la tête de l'humérus et de la glène de l'omoplate altérées en cas d'arthrose, de pathologies rhumatismales ou

1893

Première arthroplastie d'épaule

1951

Implant huméral de Neer

Fin des années
1980

Prothèses inversées de Grammont

Années
1990

Avènement des prothèses anatomiques

Années
2010

Implants de resurfaçage sans tige ou à mini tige comme alternatives à la PTH



Prothèse d'épaule

d'ostéonécroses[®]. On reconstitue ainsi l'anatomie la plus proche possible de chaque patient avec, en particulier, le respect de l'offset[®] médial et postérieur de la tête humérale, explique le Dr Cécile Nérot, chirurgien orthopédiste au CHU de Reims. Globalement, cela fonctionne un peu comme une prothèse de hanche, mais avec la condition indispensable d'avoir une bonne souplesse articulaire et de bons muscles, c'est-à-dire essentiellement une bonne coiffe ».

Remplacer la coiffe des rotateurs : la révolution de l'inversion

C'est le Pr français Paul Grammont qui s'attaqua, dans les années 80, au défi posé par les coiffes des rotateurs abimées. Avant lui, plusieurs tentatives de prothèses contraintes avaient déjà été réalisées, mais sans succès. Son dessin avait ceci d'original que, au lieu de simplement reproduire l'anatomie de l'articulation, il en inversait la géométrie : désormais, la partie sphérique de la prothèse est implantée sur la glène, et le mouvement est rendu possible grâce au muscle deltoïde. >>>

Chiffre clé

C'est le nombre de Français souffrant d'arthrose (soit 17% de la population), première cause d'incapacité fonctionnelle pour les personnes de plus de 40 ans.

Source : Association française de lutte anti-rhumatismale (AFLAR).

10
millions

»»» « Le P^r Grammont a proposé quelque chose de très différent de ce qui se faisait jusqu'alors et cela été à l'origine d'un progrès majeur », confirme le D^r Nérot. La prothèse inversée est une véritable révolution dans la chirurgie de l'épaule puisqu'elle permet aux patients de retrouver une excellente mobilité, même si les tendons ou les muscles sont endommagés. « Elle permet au chirurgien de proposer à des patients souvent très âgés, en perte d'autonomie et sujets à des douleurs, une prothèse efficace tant pour ce qui est de la douleur que de la fonction. Or, jusque-là, il n'existait aucune solution. Néanmoins, il reste des progrès à faire pour améliorer la fonction et éviter certaines complications, poursuit-elle. Si, pour les pionniers de l'épaule, il ne fut pas aisé de se faire une place, car cette articulation intéressait peu, on se rend compte désormais que les prothèses fonctionnent et ce, dans des indications différentes. Le travail se poursuit donc pour concevoir des modèles encore plus adaptés. Le domaine de l'arthroplastie d'épaule reste ainsi particulièrement dynamique ».

À la recherche de matériaux toujours plus compatibles

Au regard de sa croissance fulgurante au cours des dix dernières années, la prothèse d'épaule semble *a priori* reposer sur un concept arrivé à maturité. Mais, « dans tous les cas, il faut rester prudent quant à l'évaluation des résultats, temporeise le D^r Nérot. Un recul minimum de cinq ans est indispensable. D'après les études des courbes de

Prothèses d'épaule inversée



survie, un délai de dix ans est le plus significatif ». Du côté des matériaux, la céramique a été une piste d'évolution tout au long de ces dernières années, en particulier pour les prothèses humérales simples en raison de leur faculté d'usure du cartilage moindre que le métal. Le pyrocarbone, utilisé dans la chirurgie de la main (voir sur le sujet le chapitre « Prothèse de main-poignet »), représente une autre piste pour l'implant huméral sphérique. Concernant la glène, c'est vers des polyéthylènes hautement réticulés chargés en vitamine E (aux propriétés antioxydantes) que se tournent les recherches.

L'avènement des tiges courtes et des prothèses sans tige

La fixation de la glène reste un point important qui justifie une technique d'implantation précise. De fait, la fixation sans ciment a également été l'objet de recherches. Aujourd'hui, l'orientation est donc à l'utilisation d'implants de resurfacement sans tige ou à mini tige, véritables alternatives aux prothèses totales. Cette technique consiste à resurfacer l'os et le cartilage usés au niveau des extrémités des os de l'articulation. L'ancrage se fait sans ciment

grâce à un revêtement d'hydroxyapatite  favorisant son intégration osseuse.

Malheureusement, cette option ne peut pas convenir à tous les patients : elle est en effet envisagée sous certaines conditions, c'est-à-dire en cas d'omarthrose  centrée, avec un stock osseux suffisant et une coiffe des rotateurs en bon état. Néanmoins, lorsqu'il est possible, le resurfaçage présente un réel intérêt : pose mini-invasive, implants moins volumineux et adaptés à l'anatomie de chaque patient, meilleure restitution de la biomécanique, de la balance ligamentaire, du centre de rotation articulaire, etc.

L'ère du sur-mesure et de la planification

Cependant, les techniques de pose nécessitent la formation des professionnels de santé, d'autant que nombre d'entre eux pratiquent peu de chirurgies de l'épaule chaque année. L'accompagnement des industriels, la robotisation et la planification 3D y participent. En effet, dans le domaine de la

chirurgie de l'épaule, la rigueur est essentielle : le taux de survie d'un implant peut varier à un ou deux degrés près. Les outils d'aujourd'hui permettent cette très grande précision et offrent de nouvelles perspectives en matière d'options thérapeutiques, à condition d'accepter de se remettre en question et de se confronter réellement à l'outil.

Depuis une demie décennie environ, des ancillaires sur-mesure issus d'un scanner et d'une IRM, une technique importée de la chirurgie du genou, sont également utilisés en chirurgie de l'épaule. Pour les prothèses d'épaule, il s'agit surtout d'optimiser la mise en place des instruments pour la préparation glénoïdienne : centrage de la broche avant fraisage, précision de la pose des vis et, enfin, ajustement le plus précis possible de la prothèse. Ce n'est donc pas la prothèse qui est sur-mesure mais les guides d'instrumentation afin que la prothèse soit positionnée de façon optimale pour chaque patient. Cette innovation dans la technique opératoire est à ce jour l'une des principales voies de recherche.



Prothèse mythologique

La légende raconte que Tantale, expulsé de l'Olympe par les dieux pour avoir volé l'ambrosie, voulut se venger et convia ces derniers à un banquet. Pour éprouver leur sagacité, « *Tantale servit aux dieux les membres de son fils Pélopes. Une épaule déjà mangée par Déméter fut remplacée par une articulation d'ivoire* », raconte Ovide dans *Les Métamorphoses*. On dit qu'en souvenir de cette tragédie, les descendants de Pélopes conservèrent une tache blanche à l'épaule, tandis que Tantale fut condamné au terrible supplice auquel son nom fut donné.

PROTHÈSE DE MAIN-POIGNET

À LA POINTE DE L'INNOVATION

Zone d'intervention particulièrement restreinte, le combiné main-poignet a été l'objet, ces vingt dernières années, de nombreux travaux, au point d'être à l'avant-garde de plusieurs innovations révolutionnaires.



DE LA THÉORIE...

Le poignet, qui lie l'avant-bras à la main, permet tous les mouvements de préhension de cette dernière. Il est composé de deux articulations : l'articulation radio-carpienne, qui unit l'extrémité distale du radius et les os de la rangée proximale[®] du carpe, et l'articulation médio-carpienne, entre les rangées proximale et distale du carpe. Les os du carpe sont organisés en deux rangées. La première comporte le scaphoïde, le semi-lunaire, le triquetrum et le pisiforme. La seconde est composée du trapèze, du trapézoïde, du capitatum et de l'hamatum.

Pour sa part, la main comporte peu de muscles propres (la mobilité des doigts étant assurée par les muscles fléchisseurs et extenseurs de

l'avant-bras par le biais des tendons) mais de nombreux os, appelés métacarpes. Enfin, chaque doigt est composé de phalanges (deux pour le pouce, trois pour les doigts longs).

En cas d'arthrose sévèrement invalidante et douloureuse du poignet et/ou des doigts (polyarthrite rhumatoïde), une prothèse peut être envisagée afin de soulager les douleurs et de rendre sa mobilité à l'articulation. Cette option peut aussi être proposée pour les séquelles d'un traumatisme (fracture sévère par exemple).

À LA PRATIQUE

En cas de remplacement prothétique de la main et/ou du poignet, le choix de l'implant dépend

de la partie et de l'anatomie (forme des os) de l'articulation concernée. Celle-ci va décider de la taille de l'implant et du matériau (silicone, couple métal-plastique, céramique), pour lequel le choix découle aussi de l'état des structures ligamentaires. Enfin, le profil du patient est également pris en compte (âge, activité, demande fonctionnelle).

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Les premières prothèses de main datent du Moyen Âge. En forme de crochet, elles avaient pour fonction de permettre aux chevaliers de continuer à combattre même après amputation. Mais ces implants, lourds car bien souvent en fer ou en bois, et absolument pas ergonomiques, étaient fréquemment à l'origine d'infections. Au XVI^e siècle, Ambroise Paré, le « chirurgien des armées », se pencha à son tour sur l'amputation des membres, améliora l'instrumentation et mit au point une technique de ligature des artères beaucoup moins infectieuse et donc morbide que la cautérisation jusqu'alors en vigueur. Il fabriqua une prothèse de main articulée tenant compte des mécanismes de l'articulation.

Autres temps, autres besoins

Les révolutions industrielles des XVIII^e et XIX^e siècles permirent l'avènement de matériaux plus légers comme l'acier, puis le plastique, permettant d'imaginer des prothèses plus légères et fonctionnelles. Mais c'est bien la Première Guerre mondiale, avec ses 3 millions de blessés et ses

300 000 amputés, qui marqua un tournant dans l'histoire des prothèses, notamment de la main. Face à l'ampleur du désastre, de nombreux travaux de recherche furent menés. Parce qu'il fallait rendre à ces innombrables mutilés la possibilité de vivre et de travailler, diverses prothèses de main furent mises au point, d'abord en cuir ou en bois pour les emboîtures, et en acier ou en hêtre pour les armatures. Puis, le duralumin, un alliage d'aluminium, de zinc et de cuivre à la fois résistant et léger, fit son apparition dans l'entre-deux-guerres. Après la Seconde Guerre mondiale, les amputations se firent fort heureusement beaucoup plus rares, ouvrant la voie à la recherche en matière de prothèses internes des articulations de poignet et des doigts. C'est à Swanson que l'on dut, dans les années 60, le premier implant propre au poignet et consistant en un espaceur (ou *spacer*) en silicone non cimenté. Suivirent diverses prothèses avec d'autres types de matériaux dans les années 70 et 80 : distales ou radiales, semi-contraintes ou non, cimentées ou non... Les principales difficultés liées à ces implants étant les importants taux de descellement et leur fixation. Néanmoins, le domaine restait relativement confidentiel.

Les bénéfices de l'arthroscopie

C'est l'avènement de l'arthroscopie  dans les années 90 et 2000 qui entraîna d'importantes avancées dans le domaine de la main-poignet. « Dans le cadre des fractures articulaires du poignet, cette technique opératoire mini-invasive a notamment >>>

LE COMBINÉ MAIN-POIGNET, UNE APPROCHE SPÉCIFIQUE

D^r Philippe Bellemère,
chirurgien orthopédiste à l'Institut
de la main Nantes Atlantique

« Les évolutions sont à la fois plus récentes et confidentielles que pour les articulations de la hanche ou du genou, probablement car leurs pathologies sont extrêmement handicapantes et invalidantes si elles ne sont pas traitées. Pourtant, ce serait une erreur de vouloir superposer ces chirurgies, contrairement à l'approche longtemps adoptée. Les articulations ne fonctionnent pas de la même manière. Ainsi, la hanche et le genou sont des articulations d'appui, auxquelles on demande à la fois mobilité et ancrage. Pour le combiné main-poignet, très complexe, il y a beaucoup de critères fonctionnels en 3D exigeants : par exemple, la fonction de prise entre le pouce et l'index doit être à la fois très fine et précise, et très solide pour les prises en force. »

Zoom sur le syndrome du canal carpien

Chaque année, en France, ce sont quelque 600 000 personnes qui sont touchées par le syndrome du canal carpien. Mais de quoi s'agit-il exactement ? Le canal carpien est un tunnel situé sur la face antérieure du poignet. Outre les tendons des muscles fléchisseurs, il renferme le nerf médian qui commande la sensibilité d'une partie de la main et du bras et permet de réaliser des mouvements. Certains mouvements ou postures, répétés notamment dans le cadre professionnel ou dans certaines maladies, peuvent comprimer le nerf médian au niveau du canal carpien, entraînant des fourmillements ou des engourdissements, une diminution de la sensibilité, des douleurs, etc. Bénigne, cette affection guérit souvent de manière spontanée (soit dans un tiers des cas). Dans le cas contraire, ce syndrome peut être traité, selon la gravité, par un traitement médical (port d'une orthèse, infiltrations) ou chirurgical (incision du ligament pour libérer la pression exercée sur le nerf médian).

«*» permis de contrôler la réduction, de nettoyer les débris et de faire le bilan des lésions ligamentaires associées* », relate le D^r Philippe Bellemère, chirurgien orthopédiste à l'Institut de la main Nantes Atlantique, qui tempère néanmoins : « *pour l'instant, si le bénéfice à grande échelle n'a pas encore pu être démontré, on gagne certainement en précision et en contrôle. Aujourd'hui incontournable, la chirurgie arthroscopique permet d'éviter certains abords extensifs, que ce soit au niveau du poignet, de la base du pouce ou du premier métacarpe* ».

De fait, ce geste opératoire est aujourd'hui utilisé aussi bien pour des réparations de lésions ligamentaires du poignet – traumatiques comme dégénératives – que pour des ostéosynthèses ou des fractures non consolidées du scaphoïde.

La révolution du pyrocarbone

Si les prothèses de poignet n'ont pas connu de révolution au niveau des concepts (reposant notamment sur la double mobilité pour les prothèses totales, comme pour la hanche ou le genou), il en va différemment des matériaux. « *On dispose aujourd'hui de nouveaux matériaux plus fiables, dont certains ne sont utilisés que pour la main et le poignet (voire l'épaule), corrobore le D^r Bellemère. C'est le cas du pyrocarbone, une innovation réellement avant-gardiste* ».

Utilisé depuis une dizaine d'années pour la main et le poignet, ce graphite de synthèse, obtenu en pyrolysant du méthane sur une paroi de graphite, possède de nombreux avantages (élasticité

proche de l'os, biocompatibilité, très faible rugosité, résistance à l'usure) qui en font un matériau de choix pour les arthroplasties de faible volume. « *Il est particulièrement intéressant pour réaliser des résections osseuses minimales à la base du pouce avec implants d'interposition très fins non fixés dans l'os* », détaille le praticien. Les implants d'interposition en pyrocarbone semblent en revanche moins indiqués pour les doigts longs, puisqu'ils ne peuvent se fixer dans l'os et risquent donc de se desceller. « *On privilégiera plutôt des prothèses modulaires dont on peut choisir indépendamment la largeur et l'épaisseur pour s'adapter très précisément à la tension des ligaments et des tendons* ».

Pour le poignet à proprement parler, les interpositions en pyrocarbone semblent également donner des perspectives intéressantes, malgré le risque de luxation. « *Comme les implants ne sont pas fixés, ils peuvent se luxer*, prévient le D^r Bellemère. *Leur pose nécessite donc une technique chirurgicale très précise. Malgré tout, leur efficacité à moyen terme est réelle et y recourir évite la pose d'une prothèse totale ou d'une arthrodèse pour agir sur une articulation détruite* ».

Une nécessaire miniaturisation

« *En matière de dispositifs implantables et d'ancillaires, le domaine de la chirurgie de la main a été un vrai précurseur ces dernières décennies*, poursuit le chirurgien. *C'est en effet pour les ostéosynthèses*

Années
1960

Spacer en silicone
de Swanson

Années
1990-2000

Révolution de l'arthroscopie

Années
2010

Avènement
du pyrocarbone



8 à 22%

Chiffre clé

Telle est la proportion de femmes de plus de 50 ans touchées par la rhizarthrose, l'arthrose qui touche la base du pouce. Elle concerne 2 à 5% des hommes.

Source : Association française de lutte anti-rhumatismale (AFLAR).

du scaphoïde qu'ont été mises au point les vis canulées avec double pas de vis miniaturisées, qui se sont ensuite répandues dans les autres spécialités orthopédiques ». De fait, étant donné l'anatomie du combiné main-poignet, la miniaturisation de l'instrumentation était une condition *sine qua non*. « Auparavant, les plaques utilisées pour les ostéosynthèses étaient relativement volumineuses et encombrantes, poursuit le D^r Bellemère. Les efforts réalisés en matière de miniaturisation ont permis de disposer aujourd'hui de vis et de plaques très fines qui s'adaptent à la morphologie des phalanges ».

Un élargissement des indications

Le panel de dispositifs qui existent aujourd'hui pour traiter les fractures proposent des fonctions qui n'existaient pas jusqu'alors, élargissant les indications. « On dispose par exemple de plaques spécifiques pour certains gestes osseux, comme le raccourcissement de l'ulna (ou cubitus) nécessaire en cas de séquelles, de traumatismes ou de problèmes dégénératifs », illustre le D^r Bellemère. Ainsi, les plaques verrouillées rendent aujourd'hui possibles des ostéosynthèses de fracture du radius plus solides, avec une récupération fonctionnelle et une reprise de l'activité très rapides. « Les risques de déplacement sont moins importants qu'en cas de broches et de plâtres, et le retour à l'autonomie est facilité. Par conséquent, c'est intéressant à la fois pour les patients jeunes et actifs et pour les personnes âgées ».

»»»

»» Le vieillissement de la population représente effectivement un enjeu crucial. L'espérance de vie augmente et, avec elle, le nombre d'arthropathies. D'autant que les patients d'aujourd'hui souhaitent rester actifs le plus longtemps possible, même en cas d'atteintes arthrosiques. « *Les patients sont plus exigeants sur le plan fonctionnel, et c'est bien normal!*, constate le D^r Bellemère. *Ils ne veulent plus accepter la douleur comme une fatalité, ni considérer le fait d'avoir une articulation bloquée comme inéluctable* ». Et c'est bien dans le sens de cette mobilité retrouvée que sont allés les progrès réalisés ces dernières années.

La marche de l'innovation continue

D'autres innovations confirment le dynamisme du secteur. Ainsi, des neurotubes, résorbables ou non, sont apparus il y a une quinzaine d'années pour le traitement des lésions nerveuses. Utilisées en cas de section du nerf avec perte de substance, ces chambres de régénération, dans lesquelles on enserme les extrémités du nerf endommagé, en permettent la repousse. Des dermes artificiels ont également été mis au point pour traiter certains types de pertes de substance, évitant ainsi des interventions de reconstruction.

Enfin, depuis quelques années, la reconstruction 3D a fait entrer la chirurgie main-poignet dans l'ère du sur-mesure. « *En cas de fracture du radius consolidée en position vicieuse par exemple, le chirurgien va réaliser une reconstruction en trois dimensions du cal vicieux sur la base d'un scanner qu'il transmet à l'industriel*, relate le D^r Bellemère. *Celui-ci établit un guide de coupe spécifique à la fracture qui permet de pratiquer l'ostéotomie précise du radius avec l'exacte correction fixée en préopératoire : la planification du geste permet au chirurgien d'opérer sans aucune arrière-pensée* ».

Les prothèses myoélectriques et hydrauliques

En cas d'amputation de la main ou de l'avant-bras (la plupart du temps), il existe aujourd'hui des prothèses permettant d'effectuer les mêmes gestes qu'une main valide.

Les prothèses myoélectriques s'appuient sur le fonctionnement de la main. Des capteurs et des électrodes sont positionnés sur les muscles fléchisseurs et extenseurs du moignon qui, de ce fait, doivent être intacts. Lorsque les capteurs reçoivent un signal issu des muscles, la main entre en action : rotation de gauche à droite,

mouvement de l'intérieur vers l'extérieur, ouverture et fermeture. Un capteur, situé à la base du pouce de la prothèse, permet également de saisir un objet.

Depuis la fin des années 2000, il existe des prothèses dites hydrauliques. Reposant sur le même principe de base que les prothèses myoélectriques, elles sont en revanche pourvues d'un réservoir d'eau, de pistons et de minuscules coussinets élastiques gonflables qui permettent le mouvement des doigts.

Grâce à ce système, ce dernier gagne en fluidité et en discrétion.

Enfin, la prothèse bionique, reposant elle aussi sur le principe myoélectrique, est dotée d'un petit moteur permettant notamment de bouger chacun des doigts de la main individuellement. Très légère, puisqu'en aluminium et en carbone, elle permet pourtant de porter des objets relativement lourds (de plusieurs dizaines de kilos) et de réaliser la quasi-totalité des gestes du quotidien.

FOCUS

Du côté du coude...

On recourt essentiellement à une prothèse de coude suite à un traumatisme (fracture complexe associée à des lésions ligamentaires, séquelles traumatiques compromettant la rotation de l'avant-bras). Elle peut également être indiquée en cas de polyarthrite rhumatoïde douloureuse et invalidante chez le sujet âgé, après épuisement des traitements médicaux. La pose d'une prothèse a alors essentiellement pour but de supprimer la douleur, de rendre sa mobilité à l'articulation et, par conséquent, de rétablir l'autonomie. À noter que, chez les personnes âgées, les fractures du coude sont de plus en plus fréquentes. Souvent associées à de l'ostéoporose, la pose d'une prothèse totale est alors indiquée pour remplacer l'articulation fracturée.

Comme pour l'épaule, il existe en effet des prothèses de coude partielles ou totales :

Prothèse totale

Venant remplacer l'articulation du coude dans sa totalité, elle est composée d'un implant huméral et d'un implant ulnaire, tous deux cimentés dans les canaux médullaires. À noter qu'une prothèse

de tête radiale peut être ajoutée. Certaines prothèses totales, dites « semi-contraintes », comportent une charnière entre l'implant huméral et l'implant ulnaire et ont, de ce fait, un moindre degré de liberté. Elles sont préconisées pour assurer la stabilité du coude en cas d'atteinte ligamentaire et/ou osseuse importante. *A contrario*, lorsque le stock est suffisant et que les ligaments sont en état de marche, une prothèse sans charnière et reproduisant l'anatomie du coude est préconisée. Aujourd'hui, il existe des implants convertibles permettant de passer, en cas de reprise, d'un dispositif sans charnière à un dispositif avec charnière.

Prothèse de la tête radiale

Cet implant est composé d'une tige (cimentée ou non) fixée dans le radius, elle-même surmontée d'une tête métallique ou en pyrocarbone, fixe ou mobile, qui s'adapte au condyle huméral.

Prothèse radiocondylienne

Il s'agit d'une prothèse de tête radiale en polyéthylène associée à un implant métallique venant resurfacier le condyle huméral.



Hémiarthroplastie humérale

Cette prothèse est composée de la partie humérale de la prothèse totale, qui est cimentée dans l'humérus et vient s'articuler avec l'olécrâne natif du patient, c'est-à-dire la partie saillante située en haut de l'os du cubitus.

PROTHÈSES DE MEMBRES INFÉRIEURS

POUR UN BÉNÉFICIAIRE PATIENT TOUJOURS PLUS GRAND

Les immenses progrès réalisés en matière d'implants pour les membres inférieurs ont, par ricochet, permis d'améliorer le geste chirurgical, de gagner en précision et d'alléger les procédures. Aujourd'hui, les interventions relatives à la pose de ces dispositifs sont même de plus en plus réalisées en ambulatoire.



Des dispositifs qui se sont adaptés aux besoins des patients

En matière de prothèses de membres inférieurs, le défi prioritaire de ces dernières années et de celles à venir est la diminution de l'âge des patients. Mais, si poser une prothèse plus tôt n'est plus un problème aujourd'hui, les exigences sont également plus élevées qu'auparavant de la part de patients encore actifs, qui ont – pour beaucoup d'entre eux –

une activité professionnelle, une activité physique, des petits-enfants dont ils veulent pouvoir s'occuper. De fait, les industriels ont travaillé pour faire évoluer leurs dispositifs en ce sens et apporter toujours plus de valeur ajoutée. Il en est ainsi par exemple des solutions de suivi postopératoire ou d'information du patient sur smartphone permettant de préparer leur intervention en amont. Les dispositifs d'aujourd'hui offrent également des bénéfices en postopératoire (sortie et récupération plus rapides).

Une précision de plus en plus grande

Et si le secteur des prothèses de membres inférieurs, particulièrement celles de la hanche et du genou, peuvent sembler à maturité, la marche de l'innovation ne s'est pour autant pas arrêtée. Ainsi, des innovations continuent d'être apportées aux matériaux pour rendre les dispositifs plus résistants à l'usure, augmenter leur longévité et, ainsi, diminuer les complications et les interventions de reprise. Les tiges des implants, pour certaines raccourcies, permettent désormais de préserver le capital osseux dès la première intervention.

Les progrès réalisés en imagerie ont également bénéficié à l'orthopédie des membres inférieurs : navigation assistée par ordinateur, vérification et contrôle de la pose de l'implant, fluoroscopie, etc. Mais c'est surtout l'émergence des systèmes de planification en deux puis trois dimensions (calques numériques, coupes, tailles des prothèses, axes, balances ligamentaires, etc.) qui ont révolutionné l'approche chirurgicale. « *Auparavant, soit la planification se faisait en amont sur la base de radiographies et de calques physiques ou électroniques, soit carrément en direct, pendant l'opération,* explique le D^r Tarik Ait Si Selmi, chirurgien orthopédiste au CHP Mermoz à Lyon. *Mais cette méthode traditionnelle avait des limites certaines : ainsi, il n'était pas possible de connaître exactement l'agrandissement, l'incidence, etc. Cela engendrait une marge d'erreur et le planning opératoire était imprécis. Les plannings tridimensionnels d'aujourd'hui, réalisés grâce à un*



scanner voire une IRM, n'ont plus ni défaut d'agrandissement ni défaut de perspective ». Grâce à ces technologies, les gestes ont gagné en précision, en sécurité et en reproductibilité. Les résultats sont, pour leur part, totalement objectivés.

Les perspectives de la robotique et du sur-mesure

La révolution de l'impression 3D, de l'instrumentation à usage unique et du sur-mesure commencent à émerger également dans la chirurgie des mem-

bres inférieurs. Mais il est encore trop tôt pour avoir du recul sur ces nouvelles technologies et diverses questions (impact environnemental, coûts, etc.) sont encore à l'étude.

Quant à la robotique, si elle a commencé à pénétrer différentes spécialités médicales depuis une dizaine d'années, son utilisation reste relativement confidentielle. « *En matière de robotique, la chirurgie est aujourd'hui encore peu reproductible, voire artisanale,* selon les propos du D^r Ait Si Selmi. *Certains autres domaines sont beaucoup plus protocolisés, comme l'aéronautique par exemple : les pilotes sont qualifiés pour un appareil donné, des conditions de vol et des sites précis. Et ils doivent suivre le plan établi. En France, la chirurgie est un domaine où le compagnonnage reste très important et où les habitudes issues de ce que l'on a appris de nos maîtres règnent davantage que des comportements dictés par la science et des éléments objectifs* ».

Et au spécialiste de conclure : « *le progrès technique nous offre le grand intérêt sur le long terme de nous émanciper de nombreuses contraintes techniques mais également économiques : l'amélioration de la précision de la pose et la reproductibilité vont permettre de gommer les inégalités entre les praticiens qui ont un gros volume de certaines chirurgies et ceux qui en ont moins : l'assistance robotique va donc nous permettre un meilleur résultat pour le patient, mais également des gains médico-économiques* ».

PROTHÈSE DE HANCHE

AU SERVICE D'UNE VIE NORMALE

La pose d'une prothèse de hanche est l'une des chirurgies orthopédiques les plus pratiquées dans le monde : grâce aux innovations successives qui ont marqué l'histoire de ce dispositif, les patients qui en bénéficient aujourd'hui peuvent non seulement échapper à la perte d'autonomie, mais également recouvrer une vie normale, jusqu'à la pratique d'une activité physique.



DE LA THÉORIE...

On recourt à une prothèse totale pour remplacer l'articulation de la hanche usée et douloureuse après épuisement des traitements non-opératoires. La plupart du temps, l'usure et les douleurs qui en découlent sont provoquées par l'arthrose, c'est-à-dire la destruction du cartilage au niveau de la tête fémorale et au niveau du cotyle (la surface articulaire de l'os du bassin où s'emboîte la tête fémorale). Le but de cette arthroplastie est donc de soulager la douleur mais également d'améliorer voire de rendre sa mobilité à l'articulation.

D'autres pathologies, bien plus rares, peuvent également nécessiter la pose d'une prothèse de hanche : luxation congénitale de la hanche (de plus en plus rare), nécrose de la tête fémorale

due à une altération de la circulation sanguine, maladies inflammatoires telles que la polyarthrite rhumatoïde et la fracture du col du fémur.

À LA PRATIQUE

La prothèse totale de hanche se compose de deux parties : la cupule et la pièce fémorale. La cupule, qui peut être en métal, polyéthylène ou céramique, se présente sous la forme d'une demi-sphère et est fixée à l'intérieur du cotyle. La pièce fémorale, quant à elle, est une tige métallique fixée dans le fémur sur laquelle s'adapte une tête, elle aussi sphérique, qui vient s'articuler dans la cupule. Les matériaux utilisés aujourd'hui offrent une grande résistance à l'usure que provoquent les frottements du mécanisme, de sorte que, dans la grande majorité des cas, les dispositifs implantés le sont

à très long terme, sous réserve d'un contrôle régulier. À noter qu'il existe également des prothèses partielles qui viennent remplacer la tête du fémur mais pas le cotyle. Le plus souvent utilisées à la suite d'une fracture de l'extrémité supérieure du fémur, elles sont plutôt destinées à des patients très âgés.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Dès le XIX^e siècle et jusqu'aux années 1940, diverses tentatives pour réparer les dégâts articulaires de la hanche furent menées, quitte à employer des matériaux pour le moins étonnants : plâtre, buis, plomb, cuivre, feuilles d'or, argent, zinc, ivoire – et même vessie de porc ! Toutes se soldèrent par des échecs et il fallut attendre 1923 pour que des résultats tangibles soient obtenus par l'Américain Marius Nygaard Smith-Petersen. Celui-ci mit en effet au point des fines cupules fémorales en verre qu'il retirait au bout de deux ou trois ans, espérant ainsi guider la repousse du cartilage. Malheureusement, le matériau, très fragile, montra vite ses limites et les interventions sur la hanche demeurèrent extrêmement marginales. En outre, le problème persistait de faire tenir la cupule fémorale. Pour y remédier, les frères Jean et Robert Judet conçurent en 1946 une prothèse de hanche composée d'une sphère en plexiglas fixée sur une tige en acrylique traversant le col du fémur. Mais les résultats s'avérèrent décevants du fait d'une intolérance aux débris provoqués par l'usure. Les décennies 50 et 60 furent en revanche marquées par plusieurs avancées grâce à l'utilisation

du métal dans le dispositif. Ce furent d'abord les prothèses endo-fémorales, notamment d'Austin Moore avec sa méthode de fixation révolutionnaire (tête en métal portée par une tige fichée dans le fémur), parfois utilisée aujourd'hui encore. Parallèlement, des recherches sur le traitement de l'arthrose, et donc sur le remplacement de deux surfaces, menèrent à la première prothèse totale de McKee et Farrar, posée en 1951 et composée de deux pièces en métal. Entre 1956 et 1960, 26 personnes furent opérées avec, pour résultat, un échec pour 10 interventions en raison d'un descellement précoce de la prothèse.

John Charnley, le père de la prothèse moderne

C'est alors que le Britannique John Charnley proposa une autre approche : il s'attaqua au problème du frottement des deux pièces de métal de la prothèse qu'il résolut en utilisant une cupule en « plastique chirurgical », ou polyéthylène. Il proposa également une tête fémorale plus petite, partant du principe que cela réduisait la surface de frottement et, par conséquent, l'usure : la fameuse « *low friction arthroplasty* » (ou arthroplastie basse friction), toujours en vogue aujourd'hui, venait de voir le jour. Enfin, Sir Charnley se pencha sur la question du descellement des prothèses. En 1959, s'inspirant d'une technique utilisée par les dentistes, il eut recours à une résine acrylique, qu'il appela ciment à os, pour fixer le dispositif, créant ainsi les prothèses dites « cimentées ».



Parallèlement, l'École de Berne rendit populaire, sous l'impulsion de Maurice Müller, la prothèse de hanche dite « autobloquante », largement utilisée durant plusieurs décennies. À noter que la France ne fut pas absente de cette époque d'innovations. Ainsi, le Pr Marcel Kerboull, formé par John Charnley lui-même, en développa et en améliora le mécanisme originel sous l'appellation de tige de Charnley-Kerboull, encore largement implantée à l'heure actuelle.

La recherche de l'ostéointégration

Au début des années 70 émergea la notion de « repousse osseuse » au contact du métal de >>>

1923

Premières cupules fémorales en verre

1946

Prothèse de hanche des frères Judet

1951

Première prothèse totale de hanche

1959

Prothèse cimentée de Charnley

Années
1970

Avènement des prothèses sans ciment

Voies d'abord : un faux débat

Pour rappel, il existe deux voies d'abord principales pour la pose d'une prothèse de hanche : antérieure et postérieure, « *la voie latérale restant anecdotique* », selon le P^r Patrice Mertl. Le choix de l'une ou de l'autre dépend de divers facteurs, aux premiers rangs desquels le profil du patient (âge, cause de la pose du dispositif, etc.) et les habitudes de l'équipe chirurgicale. Ces cinq dernières années, la question des avantages et inconvénients de l'une et de l'autre est d'ailleurs revenue sur le devant de la scène. Un faux débat pour le chef du service de Chirurgie orthopédique et traumatologique du CHU d'Amiens-Picardie : « *Il n'y a pas, à mon sens, de différence significative, l'une et l'autre étant excellentes lorsqu'elles sont bien effectuées* ».

»» la prothèse, selon le principe d'un ancrage biologique qui devait marquer l'avènement des prothèses dites « sans ciment », parmi lesquelles celle du Français Robert Judet notamment. Les conflits d'élasticité entre le métal, rigide, et l'os, flexible, conduisirent souvent à des échecs se traduisant par des prothèses douloureuses. Entre 1984 et 1986, cela ouvrit la voie à des implants bioactifs, revêtus d'une interface reproduisant la structure minérale de l'os (telle l'hydroxyapatite ou HA, par exemple). Le but recherché était l'ostéointégration : un peu à la manière du corail sur le rocher, le dispositif et le tissu osseux sont en contact direct.

Nouvelles approches et nouveaux matériaux

Dans les années 70 et 80, diverses innovations portant sur l'instabilité prothétique et la résistance à l'usure virent le jour. Ainsi, en 1975, le P^r Gilles Bousquet définit le concept de double mobilité qui allie une tête prothétique mobile dans un

polyéthylène, lui-même mobile, à une cupule en métal, ce qui réduit considérablement le risque d'instabilité. « *Ce concept, aujourd'hui complètement rentré dans les mœurs, a entraîné la quasi-disparition du risque de luxation*, note le P^r Patrice Mertl, chef du service de Chirurgie orthopédique et traumatologique du CHU d'Amiens-Picardie. *Il est donc parfaitement envisageable d'en élargir les indications, notamment pour des patients plus jeunes qui souhaitent continuer à faire du sport ou une activité physique* ».

Du côté des matériaux, des couples dur-dur, métal-métal ou céramique-céramique sont apparus afin de réduire le risque d'usure des implants, avec un intérêt majeur pour les couples céramique-céramique, notamment chez le patient jeune. Les combinaisons métal-métal, quant à elles, ont été complètement abandonnées au regard des dangers qu'elles provoquent. Ces réticences ont permis l'avènement de polyéthylènes hautement réticulés (HXLPE), des matériaux aujourd'hui capables de concurrencer la résistance des céramiques,

1975

Concept de double mobilité de Gilles Bousquet

Années
1980

Émergence de nouveaux couples de matériaux

Années
1990

Apparition des polyéthylènes hautement réticulés

2016

Rapport de la HAS sur la RAAC



selon le Pr Mertl, qui explique : « *les bénéfices des couples céramique-polyéthylène hautement réticulés ne sont plus à démontrer et ce, tant pour les prothèses à double mobilité qu'en première intention* ». La taille des implants fémoraux a également été l'objet d'une certaine attention, poursuit-il : « *auparavant, les longueurs des tiges fémorales, définies de manière arbitraire, mesuraient entre 150 et 180 millimètres. Aujourd'hui, avec les implants sans ciment, on peut utiliser des tiges beaucoup plus courtes, ce qui permet d'épargner au maximum le capital osseux. De plus, cela permet de recourir à des tiges standards pour les reprises* ».

Une amélioration des pratiques

Mais c'est surtout l'évolution des pratiques qui a marqué ces dernières années, notamment avec la mise en place de programmes de récupération améliorée après chirurgie (RAAC) autour d'une équipe pluridisciplinaire. Pour rappel, la RAAC, officialisée par un rapport de la Haute Autorité >>>

140 000

Chiffre clé

C'est le nombre de prothèses totales de hanche posées chaque année en France.

Source : Bulletin de l'Académie nationale de médecine, 2018.

FOCUS

La fracture du col du fémur

Le vieillissement de la population, un facteur-clé

En cas de fracture du col du fémur, le choix de recourir à l'ostéosynthèse ou à la prothèse dépend de différents critères tels le type de fracture, l'âge, l'activité et l'espérance de vie du patient. Du côté de la prise en charge chirurgicale, l'organisation tend à s'améliorer, avec un raccourcissement des délais entre le traumatisme et la mise en place du traitement (si possible, moins de 48 heures) et de la durée d'hospitalisation. L'objectif est de transférer le plus tôt possible les patients vers des services de soins de suite et de rééducation (SSR), afin de permettre une récupération et une verticalisation plus rapides. Des équipes spécifiques sont dédiées dans certains services, regroupant chirurgiens, gériatres, médecins de rééducation, etc.

Force est de constater que, depuis une dizaine d'années, le nombre de fractures du col du

fémur augmente en raison de l'accroissement de la population et de l'allongement de la durée de vie : de fait, cette pathologie touche dans l'immense majorité des cas des personnes âgées de plus de 75 ans et, plus spécifiquement les femmes – le risque étant majoré en raison de l'ostéoporose. Le repérage de cette pathologie est donc essentiel pour réduire l'incidence des fractures du col.

La prise en charge de ces dernières est donc un enjeu de santé publique majeur, puisqu'elle n'est pas sans conséquences en termes de morbidité : en effet, chez les personnes âgées, l'intervention liée à une fracture du col du fémur et ses suites, associées à d'autres pathologies, peuvent dégrader l'état général des patients et entraîner une perte d'autonomie et une réduction drastique de l'espérance de vie.



Prothèse pour reconstruction complète du pelvis

» de santé (HAS) en 2016, a pour objectif le rétablissement précoce des capacités du patient après une chirurgie. « L'idée est de lutter contre tous les facteurs qui peuvent retarder la récupération, détaille le Pr Mertl. En cas de prothèse de hanche, il est par exemple acquis aujourd'hui qu'il faut verticaliser le patient le plus tôt possible, là où l'on prônait auparavant l'immobilisation. Cela permet une récupération plus rapide ainsi qu'un raccourcissement des séjours à l'hôpital » (voir focus ci-contre).

Autre révolution en cours pour les prothèses de hanche : celle de la programmation informatisée qui permet de mieux prendre en compte le rapport rachis-hanche, et donc d'affiner le positionnement des implants. « La fiabilité des dispositifs qui existent aujourd'hui permet de se concentrer désormais sur l'amélioration des pratiques, la diminution des complications et l'augmentation du bénéfice patient », conclut le Pr Mertl.

PROTHÈSE DE GENOU

À L'ASSAUT DE L'ARTICULATION LA PLUS COMPLEXE

Parce qu'elle repose sur l'interaction entre des structures osseuses, ligamentaires, méniscales et musculaires, l'articulation du genou est particulièrement complexe. Dès lors, quel défi que celui de tenter de reproduire à l'identique son mécanisme au moyen d'une prothèse...



DE LA THÉORIE...

Située entre le fémur et le tibia, l'articulation du genou est particulièrement complexe (voir encadré page 48) puisqu'elle doit être à la fois mobile (en flexion-extension) et stable (en avant-arrière, en interne-externe et en rotation). En cas d'usure grave et invalidante du cartilage sur les surfaces de glissement (appelée arthrose), et après épuisement des traitements médicamenteux, le remplacement d'une partie ou de la totalité de l'articulation du genou peut être envisagé afin d'en soulager les douleurs et d'en restaurer la mobilité. Cette arthrose peut être primitive, c'est-à-dire généralement liée à l'âge, ou secondaire, suite à un traumatisme ou à une maladie inflammatoire par exemple.

À LA PRATIQUE

Il existe différents modèles de prothèse de genou, qui seront choisis en fonction :

- du degré d'atteinte de l'articulation du genou pouvant toucher un, deux ou les trois compartiments articulaires (fémoro-tibial médial, latéral et fémoro-patellaire). Dans ce cas, une prothèse partielle ou totale pourra être choisie;
- du mode de fixation sur l'articulation (cimenté ou non cimenté);
- du moyen de stabilisation du genou afin de conserver, selon les cas, le ligament croisé postérieur ou non avec différents types de substitution;
- de la mobilité des composants de l'implant (plateau fixe ou mobile);
- des caractéristiques du patient (âge, mode de vie, etc.).



1951

Prothèse à charnière de Walldius

Fin des années

1960

Premières prothèses à glissement non contraintes

Fin des années

Début des années

1970 - 1980

Concept de postéro-stabilisation

1985

Procédé de maillage de fibres en titane

Comprendre l'articulation du genou

L'articulation du genou relie la partie basse du fémur (constituée des condyles fémoraux médial et latéral) à la partie haute du tibia, le plateau tibial dont les deux surfaces articulaires répondent aux condyles fémoraux. Sur la partie antérieure du fémur se situe la rotule. Ces surfaces sont recouvertes de cartilages qui permettent le glissement des os et l'amortissement des fortes pressions subies par le genou (en moyenne 3 fois le poids du corps durant une marche et jusqu'à 4 fois lors d'un accroupissement). Le cartilage, très élevé en eau, atténue et répartit ces pressions. Les ligaments croisés sont situés de chaque côté et au centre de l'articulation. Enfin, des muscles et des tendons entourent l'articulation, permettant la flexion et l'extension du genou et, donc, la marche.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Si plusieurs chirurgiens, à l'instar de l'Allemand Thémistocle Gluck et sa prothèse en ivoire, s'intéressèrent à la prothèse de genou dès le XIX^e siècle, les innovations sont globalement très récentes : il fallut effectivement attendre la seconde moitié du XX^e siècle pour assister aux premières réelles implantations, rendues possibles grâce aux progrès en matière de chirurgie, d'anesthésie et d'asepsie. C'est à Walldius que l'on doit la première prothèse à charnière en 1951, marquant les débuts de l'ère moderne de l'arthroplastie du genou. Toutefois, cet implant, à charnière simple et à tiges intra-médullaires, permettait le seul mouvement de flexion-extension et entraînait de nombreuses complications dont des infections et la libération de débris d'usure métallique.

Avènement et limites des prothèses à charnière

Les premières prothèses à glissement non contraintes et préservant le pivot central furent



développées à la fin des années 60. Dans la première moitié de la décennie suivante, de nombreux implants à charnière autorisant la rotation continuèrent à être développés, avec des résultats plus que mitigés : en effet, le contrôle insuffisant de la rotation sur certains dispositifs entraînait une luxation de la rotule. De plus, le problème de la libération de débris persistait. Ces complications menèrent bientôt à l'abandon des prothèses à charnière, qui laissèrent la place aux implants bi-compartimentaires (Gunston) puis tri-compartimentaires

Années
1990Implants recouverts
d'hydroxyapatiteFin des années
2010

Chirurgie robotisée

2018

Prothèse de genou connectée
du CHRU de Brest

(Insall-Burstein), dont le fonctionnement se rapproche de l'articulation naturelle.

Le concept de postéro-stabilisation

À la fin des années 70 et au début des années 80, c'est sur les ligaments et leur conservation que de nombreux travaux se concentrèrent. Aux prothèses à charnière succédèrent les prothèses dites « à glissement » fondées sur le concept de postéro-stabilisation, permettant de stabiliser la prothèse même en l'absence du ligament postérieur croisé. Il s'agissait d'ajouter une butée en plastique sur l'insert tibial en polyéthylène qui, lors de la flexion,

entre en contact avec une barre sur le fémur, bloquant le recul du tibia et évitant ainsi la luxation postérieure. Ce système bénéficia par la suite de quelques autres améliorations, notamment au niveau du point de contact, et est aujourd'hui encore très utilisé. Néanmoins, ces nouveaux implants présentaient toujours certaines limites et complications.

De la question de la fixation de l'implant à la modularité des composants

Au cours de la seconde moitié des années 80, chercheurs et industriels tentèrent de lever les obstacles posés à la fois par la spécificité de la cinésiologie ^⑥ du genou et par la résistance aux contraintes et à l'usure des composants. Comme pour la hanche, le premier problème à résoudre concernait la fixation des implants. La prothèse de genou, bénéficiant de l'expérience de sa grande sœur de la hanche, était jusqu'ici fixée avec du ciment. Mais, en 1985, un nouveau procédé de maillage de fibres en titane apparut.

À SAVOIR

En 2016, 80 000 prothèses de genou ont été implantées en France.

Source : CHRU de Brest.

À la recherche de la combinaison optimale

Les matériaux utilisés pour les parties métalliques des prothèses de genou sont le plus souvent des alliages à base de nickel, de chrome et de cobalt. Ils possèdent en effet nombre des qualités mécaniques requises : résistance élevée à la rupture, déformabilité quasiment nulle et, surtout, propriétés de glissement. Si la question de l'hypersensibilité à certains métaux, dont le nickel, a émergé depuis quelques années, elle n'a toujours pas été tranchée et le diagnostic reste difficile à affirmer. Si le titane, adapté à une fixation non cimentée, a été utilisé pour certains plateaux tibiaux en raison de ses propriétés mécaniques et biologiques, il n'offre pas de surfaces de glissement optimales et est plus vulnérable aux déformations lorsqu'il est utilisé pour des plateaux mobiles. La céramique, qui offre l'avantage de ne pas s'user, est utilisée pour les prothèses de hanche, mais pas pour le genou. En cause ? La difficulté d'élaborer dans ce matériau des formes complexes à un prix raisonnable, et les risques de rupture d'implant. Enfin, les inserts en polyéthylène ont connu une véritable révolution avec la mise au point des polyéthylènes hautement réticulés, présentant une grande résistance.

FOCUS

La première prothèse de genou connectée

C'est au CHRU de Brest, en Bretagne, que fut lancé en janvier 2018 un projet de prothèse de genou connectée. Cette première mondiale est portée par un consortium scientifique et industriel et coordonné par l'Inserm. « Cette prothèse consiste en un dispositif fabriqué par impression 3D intégrant des capteurs miniatures capables de détecter une infection ou tout défaut mécanique, explique le CHRU dans son communiqué. Ces capteurs pourront également aider à guider le patient lors de sa rééducation ». Le nombre de poses de prothèse de genou devrait augmenter exponentiellement dans les années à venir, « avec une progression de 600% d'ici 2030 », selon le CHRU. Un phénomène dû « en partie à l'aggravation de l'épidémie d'obésité, le surpoids entraînant une usure prématurée des genoux ». En outre, les patients, de plus en plus jeunes (moins de 65 ans), émettent également

le désir de maintenir une activité physique, et notamment sportive.

Face à ces défis de santé publique, la prothèse de genou connectée peut offrir une sécurité accrue, le patient récupérant à domicile via son smartphone « des informations relatives à sa prothèse qu'il pourra transmettre à son kinésithérapeute lors de la rééducation et, s'il le souhaite, à son chirurgien ». Les données récoltées doivent ainsi permettre d'apporter un conseil personnalisé (par exemple, sur les exercices que le patient peut pratiquer), mais aussi de surveiller les infections ou complications. La prise en charge étant de fait plus précoce, de potentielles chirurgies de révision peuvent être évitées. Un véritable bénéfice, d'autant que celles-ci peuvent être iatrogènes, coûteuses et d'une efficacité fonctionnelle moindre.

Aujourd'hui, « le 100% sans ciment n'est plus une exception en France », glisse le Pr Patrice Mertl, chef du service de Chirurgie orthopédique et traumatologique du CHU d'Amiens-Picardie. Puis, dans les années 90, des implants recouverts d'hydroxyapatite (c'est-à-dire de phosphates) émergent. Concernant le mécanisme de contrainte entre composants, chercheurs et ingénieurs firent appel aux technologies les plus performantes telles que la fluorocinétique, les simulateurs de marche ou, plus récemment, des techniques d'imagerie 3D. Enfin, un dernier axe de recherche concernait la nécessaire modularité des pièces métalliques avec, à la clé, une plus grande souplesse d'utilisation et d'adaptation à l'anatomie du patient, notamment en cas de révision.

Chirurgie mini-invasive, navigation et robotique

Ces dernières années, les innovations technologiques ont également porté sur le geste chirurgical. « L'avènement de la chirurgie mini-invasive et de la navigation a non seulement permis de pratiquer des incisions plus petites, mais également de ne pas aggraver les parties molles lors de l'implantation de la prothèse », explique le Pr Mertl.

À partir d'examens d'imagerie (IRM ou scanner), il est désormais possible de réaliser un bilan préopératoire très précis et de préparer des guides de coupe personnalisés, optimisant ainsi la pose de l'implant. D'autres technologies permettent même de réséquer directement l'os grâce à un



bras robotisé qui exécute le plan défini à partir du bilan d'imagerie tomodensitométrique préopératoire, permettant ainsi de s'affranchir de guide de coupes. « Depuis environ trois ans, la chirurgie robotisée, déjà utilisée en routine pour le rachis, se développe doucement, poursuit le

spécialiste. Elle est d'autant plus indiquée pour la prothèse de genou que cette articulation est complexe et nécessite une grande précision ».

En effet, de par sa complexité, l'articulation du genou et, *a fortiori*, son remplacement, réclament un matériel extrêmement performant voire sur-mesure.

Des instrumentations à la hauteur

De fait, depuis plusieurs années, cette codification de la technique opératoire n'a pu être possible que grâce aux améliorations apportées à l'instrumentation (voir sur ce sujet le chapitre « Ancillaires et instruments »). C'est pourquoi les

industriels s'attachent donc aujourd'hui à proposer de nouvelles technologies, que ce soient des ancillaires personnalisés, fabriqués à partir de l'imagerie préopératoire, ou l'utilisation d'un bras robotisé qui vient réséquer ce qui a été planifié par le chirurgien avec précision et exactitude. Ces technologies sont par essence en mesure de faciliter la réalisation des coupes osseuses et l'implantation de la prothèse. Il en résulte, pour le chirurgien, une sécurité et une précision accrues, conditions *sine qua non* de la réussite de l'intervention chirurgicale ; et pour l'établissement de soins, des gains au niveau organisationnel, notamment dans le domaine du stockage, avec des quantités moindres de dispositifs immobilisés.

Réparations méniscales : s'adapter au patient

Les ménisques, externe et interne, sont les coussinets situés entre le fémur et le tibia. Ils ont une fonction de stabilisateurs et d'amortisseurs. En cas d'endommagement, jusque dans les années 80, enlever systématiquement et dans sa totalité un ménisque blessé et douloureux était considéré comme le *gold standard*. Or, si elle soulage la douleur dans un premier temps, l'ablation accélère à long terme l'usure des cartilages du tibia et du fémur, et les douleurs réapparaissent au bout de dix à vingt ans. Aujourd'hui, la prise en charge diffère en

fonction de l'âge du patient. Chez les patients jeunes, comme le cartilage est généralement en bon état, il est possible de « réparer les ménisques pour les sauver », explique la Société française de chirurgie orthopédique et traumatologique (SOFOT). Les chirurgiens s'efforcent de suturer le ménisque si la lésion est dans une zone qui le permet (en périphérie). Dans le cas contraire, ils retirent le morceau déchiré (ménissectomie partielle). Chez les patients plus âgés, en revanche, l'opération du ménisque est moins fréquente car la réparation et la cicatrisation

sont plus difficiles dès l'âge de cinquante ans. En outre, retirer un ménisque provoquerait chez ces patients une accélération de l'usure du cartilage des os et de l'arthrose. Des traitements non chirurgicaux sont alors préférés. En revanche, l'intervention chirurgicale est préconisée pour retirer un morceau important de ménisque qui s'est détaché et qui reste bloqué à l'intérieur du genou. À noter qu'il n'existe pas de prothèse mais seulement des ménisques de synthèse, encore peu répandus aujourd'hui.

PROTHÈSE DE CHEVILLE

EN TOUTE PRÉCISION

Innovation récente, la prothèse de cheville reste, aujourd'hui encore, sous surveillance. Elle offre néanmoins des perspectives importantes pour la prise en charge de pathologies invalidantes et douloureuses.



DE LA THÉORIE...

En cas d'arthrose invétérée parvenue à un stade où l'usure des surfaces articulaires et la disparition du cartilage nécessitent un traitement chirurgical radical, l'implantation d'une prothèse de cheville peut être proposée. « *Contrairement à celle de la hanche ou du genou, qui touche principalement des patients âgés, l'arthrose de la cheville survient la plupart du temps à distance plus ou moins proche d'un traumatisme grave, comme une fracture articulaire ou des entorses à répétition*, explique le Pr Jean Brilhault, chef du service de Chirurgie orthopédique et traumatologique du CHRU de Tours. *Elle touche donc plus fréquemment des hommes dans la soixantaine (parfois encore en activité), contrairement à l'arthrose de la hanche ou du genou qui touche plus fréquemment les femmes dans la septième ou huitième décade* ».

À LA PRATIQUE

Après épuisement des autres alternatives thérapeutiques (traitement médicamenteux, kinésithérapie, infiltrations), une intervention peut être envisagée afin de soulager la douleur et rendre sa mobilité à l'articulation.

Deux solutions peuvent alors être proposées : l'arthrodèse ou la prothèse. L'arthrodèse consiste à fixer entre elles les deux pièces osseuses usées au moyen de plaques et/ou de vis. Ainsi bloquée, l'articulation elle-même ne bouge plus : la mobilité du pied – de ce fait limitée – repose sur les articulations sous-jacentes. En cas de pose de prothèse, en revanche, il s'agit de remplacer les surfaces osseuses abîmées au moyen de deux pièces métalliques : l'une recouvrant le talus, l'autre, mobile ou fixe, fixée sur la partie basse du tibia, recouverte d'un joint en polyéthylène.

À noter : la pose d'une prothèse nécessite l'absence de déformation majeure de la cheville et que les ligaments articulaires soient sains.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Jusqu'il y a une vingtaine d'années, le *gold standard* en matière de pathologies invalidantes de la cheville était l'arthrodèse. La mobilité résiduelle est alors confiée aux articulations situées entre le talus et les os du pied. Cela reste d'ailleurs le traitement chirurgical de référence pour les personnes jeunes. De fait, les premières prothèses de cheville, réalisées dans les années 70, reposaient sur le concept d'une prothèse de hanche inversée avec une fixation cimentée et pouvaient



être contraintes (articulées dans un seul plan) ou non contraintes (c'est-à-dire laissant une liberté de mouvement à l'articulation sur plusieurs plans). Mais le taux de descellement était élevé, et ces résultats décevants provoquèrent la remise en question du recours à la prothèse de cheville.

Pour y remédier, des prothèses dites « non-contraintes » furent mises au point au cours des années 80, puis améliorées dans les années 90. Elles sont composées d'un implant tibial et d'un implant talien, séparés par une pièce de polyéthylène et reposant sur le concept de double mobilité développé par Buechel et Pappas.

« *Un véritable changement de paradigme s'est opéré il y a deux décennies*, relate le Pr Brilhault. *Jusque dans les années 90, les prothèses de cheville avaient des survies inférieures à celles de genou et de hanche. Cela tenait à divers facteurs comme les matériaux, le design, les modes de fixation, les gestes associés, mais aussi les contraintes très importantes de la cheville elle-même (qui supporte 4 à 7 fois le poids du corps sur une surface de 4 cm²) et qui nécessitent des implants adaptés.* »

Néanmoins, à la fin des années 2000, certaines prothèses, à l'origine d'importantes et fréquentes géodes[®], sont retirées du marché : de fait, l'ANSM et la HAS limitent à quatre le nombre de types de prothèses qui peuvent être posées en France, toutes sans ciment. « *Aujourd'hui, nous en sommes à la quatrième génération de prothèses*, souligne le Pr Brilhault. *On revient aux patins fixes avec des ancrages sans ciment et sans hydroxyapatite.* >>>

L'HALLUX VALGUS

L'hallux valgus, aussi appelé « oignon », est une déviation de la base du gros orteil vers l'extérieur : le doigt de pied du gros orteil se rapproche du deuxième orteil, ce qui entraîne une déformation osseuse et une bosse au niveau du premier métatarse, à l'intérieur du pied. L'hallux valgus peut empêcher de porter certaines chaussures, et il peut s'avérer très douloureux. Pour le soigner, des anti-inflammatoires, des antalgiques et/ou des séances chez le pédicure ou podologue peuvent être prescrits. Il existe également des orthèses qui redressent le gros orteil et le maintiennent le plus droit possible. En cas d'hallux valgus très douloureux ou à déformation très importante, une opération chirurgicale peut être envisagée afin de réduire l'angle entre le métatarse et la phalange. S'il existe un hallux valgus juvénile, la plupart du temps cette maladie débute vers 40 ans (90 % des cas). C'est la pathologie de l'avant-pied la plus fréquente puisqu'elle touche 30 % de la population française. Dans 90 à 95 % des cas, elle touche les femmes, notamment en raison d'une plus importante laxité des articulations ainsi que de la forme de certaines chaussures (bouts resserrés, talons hauts). À noter qu'il existe aussi une prédisposition congénitale pour l'hallux valgus.

L'articulation de la cheville

Hors orteils, le pied et la cheville sont composés de 14 os et 17 articulations (28 os et 31 articulations en comptant les orteils). L'articulation de la cheville, située entre la jambe et le pied, est, elle, formée de trois os : l'extrémité inférieure du tibia, l'extrémité inférieure de la fibula et le talus. La cheville fonctionne comme une charnière et permet au pied de remonter (flexion dorsale) et de s'abaisser (flexion plantaire). La cheville et le pied sont maintenus ensemble par des ligaments extérieurs et intérieurs qui relient les os de part et d'autre de l'articulation. Les tendons qui relient les muscles de la jambe et les os du pied permettent la stabilité et l'équilibre articulaires, ainsi que certains mouvements comme lever ou tourner le pied. Le plus important pour marcher, courir et sauter est le tendon d'Achille.

sans les problèmes de géodes rencontrés avec les prothèses de troisième génération ». Aujourd'hui, des études ont toutefois montré des bons résultats en termes de survie, au-delà de 80% à dix ans. « Ces résultats expliquent probablement que l'implantation de prothèse de cheville est celle qui connaît la plus grande croissance dans le monde : elle a été multipliée par dix en vingt ans », analyse le Pr Brilhault.

Une qualité de vie toujours améliorée

Mais au-delà des seuls progrès techniques et mécaniques, c'est la qualité de vie des patients dans son ensemble qui a connu une évolution. Jusqu'ici, le score d'évaluation destiné aux arthrodèses et élaboré par l'AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society) ne prenait pas en compte la qualité de vie. Ce n'est aujourd'hui plus le cas avec l'instauration des questionnaires PREMs[®] et PROMs[®] qui permettent aux patients eux-mêmes de renseigner leur expérience et d'évaluer le résultat des soins. Ainsi, « il a longtemps été imputé à la prothèse de cheville qu'elle ne redonnait pas de mobilité, rapporte le Pr Brilhault. Or, une publication de 2016 évaluant la qualité de vie d'une trentaine de patients ayant subi une arthrodèse versus la pose d'une prothèse a prouvé que la prothèse permettait de préserver la mobilité sagittale. En outre, le résultat est amélioré en termes de douleur et, surtout, le ressenti du patient est bien meilleur ».

Une étude coréenne de 2017 va encore plus loin, prouvant que la prothèse de cheville permet de marcher plus vite qu'une arthrodèse, qu'elle demande moins d'énergie à la marche et offre une meilleure mobilité articulaire et plus de force en flexion plantaire. De même, une étude canadienne de 2013 démontre qu'une déformation de la cheville de plus de dix degrés, notamment consécutive à un traumatisme, n'est pas une contrindication à la prothèse, contrairement à l'idée jusqu'alors acquise.

« D'après cette étude, la déformation n'est pas une cause d'échec, confirme le Pr Brilhault. C'est la capacité du chirurgien à traiter la déformation en plus de la mise en place de la prothèse qui va donc être importante. C'est ce qui justifie le concept de deux temps en cas de déformation importante de la cheville et/ou du pied. On opère en deux fois : d'abord pour corriger la déformation et/ou refaire les ligaments, ensuite pour implanter la prothèse. Cela est d'autant plus justifié que nos collègues canadiens sont parvenus à démontrer qu'en cas d'arthrose de cheville associée à une déformation fixée du pied, les prothèses engendraient moins de complications que les arthrodèses ».

Une discipline en marche

Aujourd'hui, la prothèse de cheville reste encore l'objet de très nombreuses discussions. Ainsi, une étude est actuellement menée en Grande-Bretagne. De ses conclusions, attendues fin 2020,

Années
1970

Premières prothèses
de cheville

Années
1980

Premières prothèses
non-contraintes

Années
2000

Développement des
prothèses semi-contraintes



4 029

Chiffre clé

C'est le nombre de prothèses totales de cheville qui ont été posées entre le 18 juin 2012 et le 30 juin 2019 selon le Rapport 2019 sur le registre national des Prothèses totales de cheville, réalisé par l'Association française de chirurgie du pied (AFCP).

découlera notamment la décision de savoir si l'implantation de prothèses de cheville apporte un bénéfice fonctionnel certain à long terme pour les patients.

Pourtant, pour le Pr Brillhault, cela ne fait aucun doute, la prothèse de cheville a de beaux jours devant elle. « *Les implants, les techniques chirurgicales et les aides qui peuvent être apportées aux chirurgiens peuvent être considérés à maturité. Toutefois, étant donné la spécificité des patients concernés, à savoir des traumatisés, des gestes associés à la pose de la prothèse doivent être faits qui nécessitent une certaine expertise* ». D'où l'importance des guides de coupe sur-mesure qui se vulgarisent en chirurgie prothétique, et ce d'autant plus que la zone d'implantation, la cheville, est relativement petite et difficile d'accès.

En outre, la réalité augmentée et l'intelligence artificielle devraient permettre au chirurgien d'optimiser le soin en étant moins invasif, comme c'est déjà le cas dans la chirurgie de l'épaule et du rachis, notamment. « *La cheville est la petite dernière en la matière et, même si cette discipline n'est pas encore au même niveau en matière de compétences, d'expertise et de technique, elle en bénéficiera aussi*, reconnaît le Pr Brillhault. *Toutefois, même si les disciplines s'inspirent les unes des autres, chaque articulation a ses spécificités et on ne peut transposer une innovation en l'état de l'une à l'autre. De fait, la cheville est une spécialité à risque car pourvoyeuse de complications* ». Raison pour laquelle, sans aucun doute, la marche de l'innovation suit son propre rythme.

IMPLANTS LIGAMENTAIRES ARTIFICIELS

POUR PALLIER LA RUPTURE

Aujourd'hui encore relativement confidentiel, le secteur de l'implant ligamentaire synthétique n'a cessé d'évoluer ces dernières années en raison d'un plus grand nombre d'indications, rendues possibles par les innovations.

DE LA THÉORIE...

Les ligaments sont les tissus fibreux très solides qui relient un os à un autre et permettent la stabilisation des articulations du corps humain. Contrairement aux tendons, qui relient un os à un muscle, les ligaments sont peu élastiques de sorte que, en cas de traumatismes, ils se déchirent ou se rompent. Ces lésions ligamentaires touchent principalement les articulations du genou, de l'épaule et de la cheville chez des patients jeunes et sportifs. Les plus graves d'entre elles peuvent entraîner des douleurs, une dégradation de la qualité de vie et même un handicap. À la suite d'un traumatisme, si la majorité des ligaments cicatrisent d'eux-mêmes, certains – comme le ligament croisé antérieur du genou par exemple – devront être renforcés voire remplacés au cours d'une intervention, une ligamentoplastie réalisée sous arthroscopie.

À LA PRATIQUE

Cette intervention peut consister en une autogreffe, lors de laquelle un morceau de tendon du patient est prélevé puis fixé à la place du ligament rompu. Il est également possible de poser un implant ligamentaire synthétique : ce ligament artificiel reconstitue l'anatomie et la physiologie ligamentaire de l'articulation afin d'en rétablir la stabilité. La forme et les dimensions des implants varient selon l'articulation à réparer mais aussi la taille, le poids et les activités du patient.

Focus sur les lésions ligementaires du genou

Les lésions ligamentaires du genou touchent particulièrement les sportifs, et plus encore les joueurs de football et les skieurs : en effet, un mouvement de pivot brutal sur le genou lorsque les pieds sont fixés au sol, un traumatisme direct sur le genou, une mauvaise réception de saut en hyper-flexion ou une hyper-extension sont fréquemment la cause de ces lésions.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

L'histoire des implants ligamentaires est avant tout une histoire de matériaux. Ainsi, en 1903, des fils de soie tressés associés au muscle demi-tendineux furent utilisés en guide d'implant ligamentaire pour la première fois. Quelques années plus tard, en 1914, un autre essai fut réalisé avec du fil d'argent. Ces deux tentatives se soldèrent par des échecs et de longues décennies s'écoulèrent durant lesquelles la piste prothétique fut abandonnée. Il fallut attendre la deuxième moitié des années 70, puis les années 80, pour voir apparaître de nouvelles expérimentations. Des matériaux différents furent testés en matière d'implant :

1903

Tentative d'implant
en fil de soie

1914

Tentative d'implant
en fil d'argent

Années
1980

Travail sur
les matériaux

Années
2000

Implant bioactif
et bio-intégrable

2010

Implant bioactif,
bio-intégrable
et bio-résorbable

fibre de carbone, polyester, goretex. Mais, à l'évidence, les propriétés mécaniques de ces matériaux étaient inappropriées. Les résultats se sont avérés plus que médiocres et les taux extrêmement élevés de synovites (inflammations) et de ruptures menèrent, de nouveau, à l'abandon de la voie prothétique.

À SAVOIR

En juillet 2019, une équipe de chercheurs zurichois a découvert un nouveau ligament au niveau de l'articulation du genou, jamais décrit jusqu'ici. Cette connexion fibreuse mesure 23 millimètres et est une variante anatomique de la fixation du ménisque externe (elle a d'ailleurs été surnommée AIML, pour *Accessory Iliotibial Band-Meniscal Ligament*). Seuls 13% des patients en sont dotés ; mais, pour autant, sa présence n'est pas sans importance clinique puisque les personnes qui en sont pourvues présentent un risque accru de déchirure du ménisque externe.

Des perspectives prometteuses

Par conséquent, au début des années 90, les implants ligamentaires jouissaient d'une bien mauvaise réputation... Néanmoins, certains professionnels continuaient à croire dans cette alternative thérapeutique. Un industriel français travailla notamment sur l'amélioration de la structure du dispositif constitué de fibres laissées libres, ce qui permettait une meilleure réhabilitation et une meilleure fiabilité.

Par la suite, de nouveaux matériaux furent aussi essayés afin de gagner en propriétés biocompatibles. En effet, certaines réticences persistaient, tant du côté des patients que des professionnels de santé, notamment en raison de la mauvaise réputation des implants de précédentes générations. Pour y pallier, une équipe pluridisciplinaire (universitaires, industriels, etc.) mit au point dans les années 2000 un ligament hybride bioactif et bio-intégrable en polyéthylène recouvert d'un polymère bioactif. Celui-ci est particulièrement préconisé pour la reconstruction du ligament croisé antérieur du genou : il apporte une meilleure

50 000

Chiffre clé

C'est le nombre de ruptures du ligament croisé antérieur du genou constatées chaque année en France. Soit la traumatologie sportive ou de loisir la plus fréquente dans le pays.

Source : Clinique du Parc, Lyon.

réponse cellulaire, un meilleur ancrage et une amélioration des propriétés mécaniques, sa tenue étant proche de celle du ligament biologique. Depuis les années 2010, cet implant a été encore amélioré puisqu'il serait désormais également bio-résorbable. Toutefois, à ce jour, seuls des tests sur animaux ont permis d'établir ce constat.

SUBSTITUTS OSSEUX ET BIOMATÉRIAUX

CE QUE L'OS NE PEUT PLUS

Tissu humain le plus greffé au monde, l'os est aussi, avec les dents, le plus dur de l'organisme. L'un des grands défis de l'orthopédie a été d'élaborer des dispositifs médicaux biocompatibles et capables de préserver la solidité et les fonctions vitales de ce tissu vivant, voire de faire mieux.



DE LA THÉORIE...

En orthopédie, on appelle substitut osseux un apport osseux de substitution utilisé afin de reconstruire, renforcer ou combler un os lésé. En effet, si l'os présente en théorie la capacité naturelle de s'auto-régénérer, il arrive que ce ne soit plus le cas à la suite de traumatismes, fractures, tumeurs, ou à cause de maladies dégénératives telles que l'ostéoporose. Il faut alors recourir à des greffons afin de combler ces lacunes.

Une option est l'autogreffe : on prélève un fragment d'os du patient – la plupart du temps sur la crête iliaque en raison de la quantité d'os qui y est disponible – que l'on réimplante en lieu et place du déficit. Le donneur étant receveur, il n'y a aucun risque de rejet. L'opération n'est toutefois pas dénuée d'inconvénients du fait de la quantité d'os nécessaire et au caractère invasif et douloureux du prélèvement.

Lorsque les solutions autologues ne sont pas possibles, on recourt à des substituts osseux.

Ces biomatériaux peuvent être d'origine humaine, animale, végétale ou synthétique. Quelle que soit leur nature, les substituts osseux doivent être biocompatibles pour faciliter la réhabilitation cellulaire et l'ostéoconduction ⑥.

À LA PRATIQUE

« *Les substituts osseux sont une large famille de produits d'origines extrêmement diverses et se présentent sous de multiples formes* », explique le Pr Didier Mainard, chef du service de Chirurgie orthopédique et traumatologique du CHRU de Nancy. L'objectif est donc d'utiliser un substitut capable de faire aussi bien que l'os.

On distingue différentes familles de substituts osseux : céramiques de phosphate de calcium ; sulfate de calcium ou plâtre de Paris ; DBM (matrice osseuse déminéralisée) ; ciment phosphocalcique (que l'on injecte et qui se solidifie ensuite dans la perte de substance osseuse, présentant parfois l'avantage d'une chirurgie percutanée) ; corail issu du squelette des polypes marins ; hydrogels à base de nanocristaux d'hydroxyapatite (offrant une grande bioréactivité) ; éponges et membranes de collagène ; bioverres...

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Les Grecs et les Romains utilisaient déjà du corail pour réparer certains traumatismes, notamment dentaires. Si les premiers documents relatant des transplantations de tissus datent du XV^e siècle,

il semble que l'on doive la première autogreffe à l'Italien Gaspare Tagliacozzi qui, à la Renaissance, mit au point une méthode de reconstruction du nez. Visionnaire, il écrivit : « *le caractère singulier de l'individu empêche fondamentalement de prélever des tissus d'une personne pour les transplanter sur une autre* ». Il soulevait là l'une des impasses de la médecine de transplantation : le rejet. Dès 1668, le Hollandais Job Van Meekeren relata la première xéno greffe consistant à implanter un fragment de crâne canin sur un humain. La légende raconte que le patient, effrayé par la menace d'excommunication qui planait sur lui à la suite de cette intervention, demanda que l'implant lui fût retiré. Il n'en fût rien, celui-ci s'étant « *déjà fondu dans la masse* » !

Les essais de transplantation, dont certains furent couronnés de succès, se succédèrent notamment sous la houlette de l'Écossais John Hunter (illustre pour ses travaux sur les transplantations dentaires) au XVIII^e siècle, de l'Allemand Philip Von Walter (auteur de la première autogreffe) et du Français Léopold Ollier. « *On a recouru à l'allogreffe ⑥ dès le XIX^e siècle car il est bien entendu que la première chose à laquelle les chirurgiens ont pensé pour remplacer de l'os est... l'os lui-même ! On peut dire que le premier substitut osseux est l'os. Ce sont d'ailleurs les Français qui ont inventé la première banque d'os* », rappelle le Pr Mainard.

Mais la greffe osseuse montra aussi ses limites, notamment en raison du risque sanitaire existant. « *Actuellement, les allogreffes massives cryoconservées sont incontournables pour les pertes de*

Léopold Ollier, le précurseur

Le Français Léopold Ollier (1830-1900) s'autoproclama « chirurgien ostéoarticulaire ou pratiquant la chirurgie réparatrice ». Alors que l'orthopédie était encore l'apanage des « bandagistes, fabricants de corsets » et autres rééducateurs, il s'employa à démontrer le rôle du périoste ⑥ et de la couche périostée dans la reconstruction tissulaire. Pionnier des résections osseuses, on lui doit de nombreux ouvrages, dont un mémoire daté de 1859 intitulé : *Recherches expérimentales sur la production artificielle de l'os au moyen de la transplantation du périoste et des greffes osseuses*.

substances osseuses structurales. Certaines allogreffes, en particulier les têtes fémorales, font l'objet d'un traitement de sécurisation microbiologique qui évite tout risque de transmission infectieuse, ce qui peut les assimiler à des substituts osseux synthétiques quant à leur facilité d'utilisation. La majorité des têtes de banque utilisées en France le sont d'ailleurs sous cette forme », conclut le Pr Mainard.

>>>

Les débuts de la biocéramique

Il fallut imaginer un dispositif médical capable de « remplacer le prélèvement par quelque chose d'équivalent, sinon supérieur. Deux mots qui vont expliquer le développement du dispositif médical, entre ce qui a été élaboré au début et ce qui se fait aujourd'hui », explique Guy Daculsi, directeur de recherche DRE Inserm à l'Université de Nantes. Ce furent les débuts de la biocéramique.

« La France a été pionnière. Les premières applications élaborées par les écoles toulousaines remontent aux années 1975-80. Ce furent les premiers substituts osseux alors utilisés directement chez l'homme. On avait des matériaux qui, certes, pouvaient satisfaire l'application mais n'avaient de propriétés ni de résorption, ni de contrôle de la colonisation ou de bioactivité contrôlée. Puis, vers 1985-86, nous avons été sensibilisés à l'aspect biomimétique et à ce concept de bioactivité contrôlée », précise-t-il.



En 1987, Guy Daculsi, qui en était encore à l'étape des essais pré-cliniques, fut alors sollicité par le Pr Norbert Passuti. En charge d'une patiente de 12 ans atteinte d'une maladie de Lobstein (ou « maladie des os de verre », qui provoque chez le patient de nombreuses fractures du fait de la fragilité des os, N.D.L.R.), ce dernier venait chercher une ultime solution après de multiples opérations. Arrivé au bout des réponses thérapeutiques classiques, il était prêt à tenter un essai clinique avec sa jeune patiente. Utiliser le substitut osseux ne permettrait pas à cette dernière de recouvrer une vie totalement normale, elle devrait alors vivre en fauteuil roulant. « Mais elle pourra aller à l'école et avoir une vie sociale. Si, en revanche, on ne fait rien, son seul horizon jusqu'à la fin de sa vie, c'est le plafond de sa chambre. On en fait une grabataire, a argumenté le Pr Passuti pour me convaincre », se souvient Guy Daculsi.

C'est ainsi que la première greffe de substitut osseux couronnée de succès fut réalisée au CHU de Nantes, bientôt suivie de nombreuses autres. Progressivement, le procédé a fait des adeptes : « Cela a mis du temps car il a fallu persuader les chirurgiens et changer les habitudes. Il y a toujours une peur de l'inconnu et du risque », tempère Guy Daculsi. « Les substituts osseux ont mis longtemps à convaincre et, aujourd'hui, des orthopédistes raisonnent encore principalement par allogreffes ou autogreffes. Mais à force d'enseignement, de pédagogie et de conviction, ils ont fini par faire partie de la panoplie thérapeutique des chirurgiens

À SAVOIR

Les trois fonctions principales de l'os sont les suivantes : mécanique, métabolisme phosphocalcique et moelle osseuse. Un dispositif médical capable de régénérer ces fonctions doit donc pouvoir devenir progressivement de l'os naturel, s'adapter aux contraintes mécaniques et évoluer.

orthopédistes dans les cas de perte de substance », renchérit le Pr Mainard.

Alliance des DM et des cellules souches

Toutefois, Guy Daculsi en appelle à la prudence. « Il ne faut pas prêter aux substituts osseux des capacités qu'ils n'ont pas encore, et il reste à améliorer leurs propriétés mécaniques. On peut tout faire à condition d'y associer une technologie chirurgicale et une ostéosynthèse adaptées et optimisées. D'où l'intérêt de combiner deux dispositifs médicaux : une ostéosynthèse, résorbable ou non, et le substitut osseux qui devient de l'os naturel. Dès lors, là où nous faisons équivalent, il est possible d'imaginer mieux ».

C'était le dessein du projet européen Reborne, inscrit dans le programme Coopération du 7^e PCRD (programme-cadre de recherche et développement) Santé (2010-2014). « Ce projet

1668

Première
xéngreffe

XIX^e
siècle

Premières
allogreffes

1987

Première greffe
de substitut osseux
au CHU de Nantes

2010-2014

Projet européen
Reborne

2015-2020

Développement
des bioverres



9 fois
sur 10

Chiffre clé

C'est le nombre de fois où l'os s'autorépare
en cas de fracture.

Source : Inserm.

visé à trouver une alternative aux greffes biologiques au travers de l'utilisation de biomatériaux et de supports synthétiques sur lesquels sont cultivées des cellules souches capables d'opérer une cicatrisation tissulaire (...). C'est un projet de recherche clinique : il s'agit, in fine, d'implanter au niveau d'une fracture des cellules souches associées à des granules en céramique de phosphate de calcium. Servant ainsi d'échafaudage, le biomatériau doit favoriser la prolifération des cellules souches qui régèneront le tissu osseux une fois qu'elles se seront différenciées en cellules osseuses », explique Pierre Layrolle, directeur de recherche à l'Inserm et coordinateur du projet sur le site de Reborne.

Ces recherches sur les cellules mésenchymateuses – présentes dans le tissu embryonnaire produisant diverses cellules des tissus du squelette, dont le cartilage et les os mais également de la graisse – permettent « autant de traiter l'ostéonécrose de la tête fémorale que d'intervenir sur la fente palatine de l'enfant (plus communément nommé 'bec de lièvre', N.D.L.R.) ou encore »

»» d'agir sur la croissance osseuse avant la pose d'implants dentaires », précise Pierre Layrolle. D'autres pistes intéressantes sont à considérer, comme le souligne le Pr Mainard. « Il y a beaucoup à faire dans la recherche dans ce domaine, notamment le fait d'associer une molécule active, par exemple, comme facteur de croissance au substitut osseux. C'est le cas des BMPs (Bone morphogenetic proteins) qui existent déjà et qui ne comblent pas une perte mais aident à la consolidation ».

La révolution des bioverres

Depuis quelques années, les bioverres ont à leur tour émergé sur le marché. Le principe n'est pourtant pas si récent, puisque c'est dans les années 70 que les premières expérimentations en la matière eurent lieu aux États-Unis pour soigner les séquelles de soldats de la guerre du Vietnam. C'est Larry Hench, un Américain, qui chercha à parer aux écueils des substituts osseux de l'époque (rejet, non résorbables, pas de reconstruction ni d'ostéointégration[®]). Il testa de nombreuses combinaisons avant de trouver la formulation idéale, combinant quatre minéraux : outre le calcium et le phosphore (commun à de nombreux substituts osseux synthétiques), son matériau comporte également du silicium et du sodium. Cette alliance permet au dispositif d'accrocher à l'os et aux tissus mous environnants, s'adaptant aux propriétés de l'os, un tissu complexe et vivant.



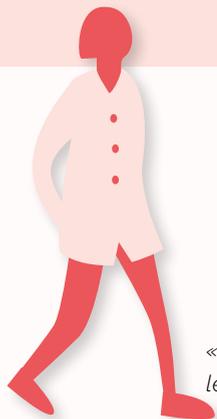
Les bioverres sont ainsi 100% résorbables, facilitent la repousse osseuse et stimulent l'environnement biologique et la multiplication des cellules souches. Ils sont aujourd'hui principalement utilisés en comblement, reconstruction ou fusion des défauts osseux d'origine traumatique, pathologique ou chirurgicale en chirurgie orthopédique, cranio-maxillo-faciale et ORL, chirurgie du rachis, chirurgie dentaire et orale. Le bioverre disparaît en l'espace de quelques mois.

Cette technologie, longtemps restée confidentielle et au stade universitaire, est aujourd'hui

encore complexe à produire, demandant un savoir-faire et un environnement spécifique. Pour autant, ces dernières années, elle tend à se développer. Présenté sous forme de granules ou de pâte, le verre bioactif présente une facilité de manipulation et, donc, une large gamme d'indications qui suscitent l'intérêt des chirurgiens. Les récentes publications cliniques sur ce dispositif montrent son intérêt, en particulier pour des patients présentant un risque d'infection ou suite à des échecs thérapeutiques.

« Il y a quelques années, je n'aurais pas remarqué »

LE REGARD DU PATIENT



Alors qu'elle se rend à son travail, Aline est victime d'un grave accident dont elle sort les deux jambes brisées. Commence alors pour elle un véritable combat pour remarcher, couronné de succès grâce aux progrès en orthopédie.

« En janvier 2016, j'ai été violemment renversée par une voiture. Verdict : double fracture déplacée du tibia-péroné de la jambe droite. J'ai donc été opérée pour une ostéosynthèse par clou centromédullaire verrouillé avec pose de plaques.

Après l'intervention, je souffrais toujours de la jambe gauche et j'ai donc alerté les médecins. Des examens supplémentaires ont révélé un enfoncement du plateau tibial de la jambe gauche. Trois jours plus tard, une nouvelle intervention a donc eu lieu, consistant en un relèvement par greffe de substituts osseux et une ostéosynthèse par plaques.

En raison de l'enfoncement tibial, j'ai dû me déplacer en fauteuil roulant pendant trois mois au début de ma rééducation. Dès que l'on m'en a donné le feu vert, je me suis obligée à poser le pied par terre. On peut considérer que ma guérison a été relativement rapide par rapport à celle d'autres patients. D'ailleurs, comme cela avait bien cicatrisé, j'ai été réopérée un an après l'accident pour l'ablation du matériel (plaques, clou et vis).

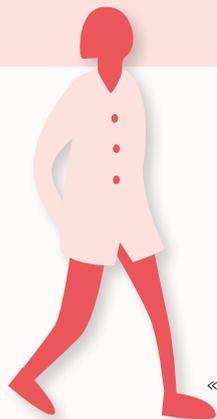
Les douleurs postopératoires ont été rudes : la volonté est primordiale pour les surmonter, tout comme le soutien de son entourage. Il s'agit tout d'abord des professionnels de santé qui m'ont été d'une aide précieuse. Les proches sont aussi

essentiels en termes de soutien. Mais cela ne fait pas tout.. Sans les progrès des dispositifs médicaux (clou et substituts osseux en ce qui me concerne), et sans l'état des connaissances en chirurgie orthopédique aujourd'hui, je n'aurais probablement jamais pu remarcher normalement. Si cela m'était arrivé il y a quelques années, je serais restée handicapée.

Aujourd'hui, je marche sans boiter et j'ai recouvré une totale autonomie. Bien sûr, quelques douleurs avec lesquelles j'ai appris à composer persistent, mais je mène vraiment une vie normale. Je recommence même à courir un peu. »

« Je n'ai plus mal, plus de douleurs : je revis »

LE REGARD DU PATIENT



Aujourd'hui âgée de 69 ans, Claude a été opérée des deux épaules il y a quelques années. La raison ? Une arthrose douloureuse et invalidante qui a nécessité la pose d'une prothèse anatomique sur une épaule, puis une prothèse inversée sur la seconde. Douleurs, activité physique, vie quotidienne : cette intervention a littéralement changé sa vie !

« Les douleurs que je ressentais avaient des impacts sur tous les aspects de ma vie. Enseignante de profession, j'avais mal lorsque je devais lever le bras pour écrire au tableau, jusqu'à ne plus pouvoir le faire. Il en était de même dans ma vie de tous les jours pour des gestes comme ranger la vaisselle dans les placards en hauteur, passer le balai ou l'aspirateur, porter des objets lourds... Quant à la gymnastique, que je pratiquais régulièrement, je me suis rendu compte au fil du temps que j'étais de plus en plus gênée et que je ne pouvais plus faire les exercices comme mes amis. J'avais la terrible impression de vieillir trop tôt... »

Sans parler de la douleur qui s'est installée et qui durait ! Mon bras ne suivait plus, l'épaule me faisait souffrir. À tel point que je ne dormais plus la nuit : le mal me réveillait et m'obligeait à rester droite dans le lit, inerte, sans pouvoir bouger ne serait-ce qu'une main. Il m'était impossible de me rendormir une fois la douleur là, d'autant que je ne voulais pas prendre trop de cachets. J'ai également de nombreux petits-enfants dont je voulais pouvoir m'occuper : je voulais être une grand-mère utile et dynamique pour eux, et non souffrant d'un handicap.

Tout cela m'a donc conduit à me faire poser des prothèses d'épaule. À la suite de l'intervention,

je suis restée trois ou quatre jours à l'hôpital, avant d'aller en centre de rééducation pendant trois semaines, rythmées par les séances de kiné et de piscine. Peu à peu, j'ai récupéré mes facultés : je pouvais faire comme les autres, j'étais comme les autres ! On ne pouvait deviner, d'un point du vue extérieur, que j'avais été opérée (à part quelques petites cicatrices). J'ai avancé et, de mon point de vue, j'ai retrouvé toute ma mobilité : je peux désormais m'habiller seule, mettre un pantalon sans avoir mal aux épaules,agrafer seule mon soutien-gorge en mettant les mains dans le dos. Littéralement, je revis : je n'ai plus mal, plus de douleurs. C'est miraculeux. »

A

Allogreffe

Greffe ou transplantation à partir d'un donneur génétiquement différent mais de la même espèce animale.

Arthrodèse

Soudure chirurgicale de deux surfaces articulaires pour réaliser une continuité osseuse et une fixation définitive.

Arthroplastie

Reconstruction chirurgicale d'une articulation.

Arthroscopie

Exploration opératoire pour examiner les éléments anatomiques d'une articulation.

B

Bioactivité

Propriété de permettre des réactions chimiques spécifiques.

C

Cinésiologie

Étude du mouvement humain dans des situations précises afin d'en déterminer les implications musculaires et articulaires.

Cyphoplastie

Technique dérivée de la vertébroplastie, où l'injection de ciment est précédée d'une tentative de ré-expansion de la vertèbre fracturée pour réduire la cyphose.

D

Dérotation

Action de corriger un segment osseux par rapport à un autre selon l'axe longitudinal.

E

Épiphysothèse

Destruction opératoire de tout ou partie du cartilage de croissance (la physe) pour redresser ou arrêter la croissance du segment de membre contrôlée par cette physe.

F

Fluorocinétique

Étude de la marche sous amplificateur de brillance.

G

Géode

Perte de substance osseuse entraînant une cavité pathologique dans une articulation.

Glène

Surface de l'omoplate (ou scapula) où s'articule la tête humérale.

H

Hydroxyapatite

Forme minérale naturelle du phosphate de calcium associé à l'hydroxyde de calcium, constituant un sel mixte.

I

Iatrogène

Manifestation pathologique consécutive à un acte médical, un traitement ou un médicament.

L

Lombalgie

Douleur dans la région lombaire du rachis.

M

Mésenchymateuse

Relative au tissu embryonnaire, le mésenchyme, pouvant se transformer en tissu conjonctif cartilagineux, osseux, musculaire, etc.

O

Offset

Procédé d'impression par double décalque, dans lequel le texte ou l'image à reproduire sont transférés de la surface imprimante sur le papier, par l'intermédiaire d'un cylindre en caoutchouc.

Omarthrose

Arthrose de l'épaule, souvent secondaire à une luxation récidivante, une fracture ou une rupture de la coiffe des rotateurs.

Ostéoconduction

Propriété d'un matériau capable de recevoir la repousse osseuse par invasion vasculaire et cellulaire à partir du tissu osseux receveur, au contact de ce matériau.

Ostéointégration

Processus physiologique naturel qui unit un implant à l'os.

Ostéonécrose

Mort d'un fragment de tissu osseux, due à une interruption de la circulation sanguine, aboutissant à un infarctus osseux. Elle peut être d'origine traumatique, infectieuse, vasculaire.

Ostéoporose

Maladie du squelette, caractérisée par une diminution de la masse de l'os et une détérioration de la structure interne du tissu osseux qui fragilise les os.

Ostéosynthèse

Réparation d'une fracture à l'aide de clous, boulons, vis, fils ou plaques métalliques.

Ostéotomie

Section chirurgicale d'un os.

P

Pédicule

Tige osseuse étroite et horizontale qui unit la base du processus transverse à la partie postéro-latérale du corps vertébral.

Périoste

Membrane fibreuse recouvrant l'os, à l'exception des surfaces articulaires, richement vascularisée. Elle joue un rôle fondamental dans la nutrition, la croissance et, le cas échéant, dans la réparation osseuses.

Planning opératoire

Programmation de l'ensemble des étapes et actions concourant à l'organisation et à la prise en charge de l'activité pré, per et postopératoire.

PREMs (Patient-Reported Experience Measures)

Questionnaire permettant à un patient de traduire la manière dont il vit l'expérience des soins.

PROMs (Patient-Reported Outcome Measures)

Questionnaire permettant à un patient de renseigner les résultats cliniques des soins dont il fait l'objet.

Proximal

Caractérise l'extrémité d'origine de certains organes (nerfs, vaisseaux).

R

Rugine

Instrument utilisé pour décoller le périoste de l'os sous-jacent.

T

Thoracoscopie

Ouverture chirurgicale minimale de la cavité thoracique pour effectuer un geste au niveau pulmonaire ou pleural par voie endoscopique.

V

Vertébroplastie

Technique qui consiste à injecter un ciment dans une vertèbre.

X

Xénogreffe

Greffe provenant d'un sujet d'une espèce différente.

OUVRAGES

L-P. Fischer, W. Planchamp, B. Fischer, F. Chauvin, « *Les premières prothèses articulaires de la hanche chez l'homme, 1890-1960* », Histoire des sciences médicales, Tome XXXIV, n°1, 2000

« *Dictionnaire de sciences médicales* », éd. Panckoucke, 1820

« *Traité complet de médecine et d'hygiène à l'usage de la famille* », Encyclopédie médicale Quillet, 1933

D^r C-Y. Daïeff, « *Histoire de la stomatologie et de la chirurgie maxillo-faciale* », in Le Livre Blanc de la stomatologie et chirurgie maxillo-faciale française, 2006, Fédération de stomatologie et de chirurgie maxillo-faciale

DOCUMENTS

G. Laurent, « *Histoire de l'orthopédie et des orthopédistes de l'Antiquité à la Renaissance* », Thèse pour le DE de docteur en pharmacie, 2015

Gazette de la Société française d'orthopédie pédiatrique, n°18, juin-juillet 2006

ARTICLES

Sous la direction de M. Mansat, « *Prothèses d'épaule* », Expansion scientifique publications,

Cahiers d'enseignement de la SOFCOT, collection dirigée par J. Duparc

« *Médecine régénérative : lancement d'un essai clinique pour traiter les fractures non consolidées* », communiqué de presse, Inserm, 9 janvier 2013

« *Réparer l'os : bio-ingénierie de l'os* », dossier réalisé en collaboration avec H. Petite, Laboratoire de bioingénierie et biomécanique ostéo-articulaire, Inserm/Université Paris-Diderot, et L. Sedel, Laboratoire de recherches orthopédiques, CNRS/Université Paris-Diderot

« *Tout savoir sur la scoliose de l'adulte* », Fondation pour l'innovation en chirurgie orthopédique et traumatologique

« *Un siècle d'histoire de l'orthopédie française* », HAS, novembre 2015

« *Orthopédie dento-faciale* », Centre orthodontique Lafond

SITES INTERNET

SOFCOT :
www.sofcot.fr

Maîtrise orthopédique :
www.maitrise-orthop.com

Société française de chirurgie rachidienne :
www.sfcr.fr

Bibliothèque interuniversitaire santé :
www.bium.univ-paris5.fr

Académie nationale de chirurgie :
www.academie-chirurgie.fr

Campus de neurochirurgie :
www.campus.neurochirurgie.fr

www.le-rachis.com
(notamment tome 5, n°2, mars-avril 2009)

Institut du rachis :
www.institutdurachis.com

Fondation Yves Cotrel :
www.fondationcotrel.org

Office fédéral de la santé publique (OFSP) :
www.bag.admin.ch

Projet Reborne :
www.reborne.org

CHU de Lyon :
www.chu-lyon.fr

CHU de Reims :
www.chu-reims.fr

Institut mutualiste Montsouris :
www.imm.fr

CHU de Nantes :
www.chu-nantes.fr

RAPPORTS, RECOMMANDATIONS ET BONNES PRATIQUES

« Substituts osseux », Rapport d'évaluation, HAS, mai 2013

« *Évaluation des implants articulaires d'épaule* », CNEDIMTS, mars 2014

« *Prothèse de hanche* », Rapport d'évaluation, HAS, novembre 2014

« *Implant du rachis (cage intersomatique, cale métallique interépineuse, coussinet, implant d'appui sacré)* », Rapport d'évaluation, HAS, mars 2013

E. Dominguez, N. Lauper, A. Velastegui, J. Reynolds, « Métastases de la colonne vertébrale : indications au traitement chirurgical », Revue Medicale Suisse, 2016

SOCIÉTÉS SAVANTES

Société française de chirurgie orthopédique et traumatologique (SOFROT)

Société française de la hanche et du genou (SFHG)

Société française de l'épaule et du coude (SoFEC)

Groupe d'étude en traumatologie ostéoarticulaire (GETRAUM)

Société française d'orthopédie pédiatrique (SOFOP)

Société française de la chirurgie rachidienne (SFCR)

Société européenne du rachis (EUROSPINE)

Académie d'orthopédie et de traumatologie (AOT)

Fondation pour l'innovation en chirurgie orthopédique et traumatologique (FICOT)

Association ORTHORISQ

American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS)

Computer-assisted orthopedic surgery (CAOS)

Groupe sarcome français - Groupe d'étude des tumeurs osseuses (GSF-GETO)

Société française de recherche en chirurgie orthopédique (SOFROT)

REMERCIEMENTS

D^r Tarik Ait Si Selmi, chirurgien orthopédiste à l'Hôpital Privé Jean Mermoz à Lyon

D^r Philippe Bellemère, chirurgien orthopédiste à l'Institut de la main Nantes Atlantique

Olivier Birocheau, directeur des ventes France de Wright Medical

François Bodenez, Product Manager France de Lima Corporate

D^r Louis Boissière, chirurgien orthopédiste au CHU et à la Clinique du dos de Bordeaux

Cyril Boquet, président de OsteoMed France

P^r Jean Brilhault, chirurgien orthopédiste, chef du service de chirurgie orthopédique et traumatologie au Centre Hospitalier Régional universitaire de Tours

Benoît Combe, vice-président de Medacta France

P^r Aurélien Courvoisier, chirurgien orthopédiste pédiatrique au Centre alpin de la scoliose

Guy Daculsi, directeur de recherche Inserm de classe exceptionnelle à l'Université de Nantes

P^r Jean Dubouset, chirurgien orthopédiste, Professeur émérite des Universités, membre de l'Académie nationale de Médecine et de l'Académie nationale de Chirurgie

D^r Jean-Alain Epinette, chirurgien orthopédiste à la Clinique de Bruay-Labuissière

P^r Luc Favard, chirurgien orthopédiste, chef du service de chirurgie orthopédique et traumatologique au Centre hospitalier régional universitaire de Tours, président de l'AOT-SOFCOT

D^r André Ferreira, chirurgien orthopédiste à la Clinique du Parc à Lyon

D^r Claude Karger, chirurgien orthopédiste à l'hôpital de HautePierre à Strasbourg

P^r Rémi Kohler, chirurgien orthopédiste aux Hospices civils de Lyon

Ana Maria Lazaro, Country Manager France de Lima Corporate

P^r Jean-Charles Le Huec, chirurgien orthopédiste et traumatologue à la Polyclinique Bordeaux-Nord Aquitaine

Patricia Lempereur, International Sales and Marketing Director de Spineguard

D^r François Loubignac, chirurgien orthopédiste au Centre hospitalier de Toulon

P^r Didier Mainard, chirurgien orthopédiste au Centre hospitalier universitaire de Nancy

P^r Patrice Mertl, chef du service de Chirurgie orthopédique et traumatologique au Centre hospitalier universitaire Amiens-Picardie

D^r Pierre Métais, chirurgien orthopédiste à la Clinique de la Châtaigneraie à Beaumont

Gaëlle Moyret, Knee Product Manager Joint Reconstruction de Johnson & Johnson

Alexandre Naeye, chef de produits opérationnel de SpineArt SA

D^r Cécile Nérot, chirurgien orthopédiste au Centre hospitalier universitaire de Reims

P^r Laurent Obert, chirurgien orthopédiste, chef du service de chirurgie orthopédique et traumatologique au Centre hospitalier universitaire de Besançon

P^r Norbert Passuti, chirurgien orthopédiste au Centre hospitalier universitaire de Nantes

Maël Pierret, Product Specialist de Lima Corporate

Rose-Marie Placier, responsable des ventes France de Safe Orthopaedics

Céline Saint Olive Baque, Chief Executive Officer de Noraker

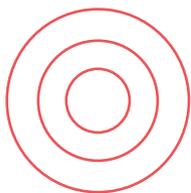
Anne-Virginie Tirard, directrice marketing France de Medacta France

D^r Philippe Tracol, chirurgien orthopédiste à Cavaillon, Président du CNP-COT

Aline et Claude, patientes

AIDE A LA PRÉVENTION DES ESCARRES	ANESTHÉSIE - RÉANIMATION	APPAREIL DIGESTIF	AUDIOLOGIE	CARDIOLOGIE	CONTACTOLOGIE
DIABÈTE	DIALYSE	HANDICAP MOTEUR	IMAGERIE	INJECTION - PERFUSION	NEUROLOGIE
NUMÉRIQUE EN SANTÉ	OPHTALMOLOGIE	ORTHÈSES	ORTHOPÉDIE	PATHOLOGIES VEINO-LYMPHATIQUES	PLAIES ET CICATRISATION
RESPIRATION	ROBOTIQUE	SANTÉ BUCCO- DENTAIRE	SANTÉ DE LA FEMME	UROLOGIE	

Tous les livrets sont téléchargeables sur le site du Snitem : www.snitem.fr



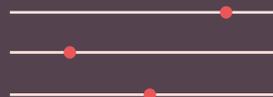
Quand l'épopée de l'innovation
des dispositifs médicaux
se confond avec l'extraordinaire
histoire de l'orthopédie.

LE DISPOSITIF MÉDICAL

snitem

Syndicat national
de l'industrie
des technologies médicales

Maison de la Mécanique - CS 30080
92038 Paris - La Défense cedex
Tél. : 01 47 17 63 88 - Fax : 01 47 17 63 89
www.snitem.fr - info@snitem.fr



 SNITEM  @SnitemDM