

Revue de l'utilisation des dispositifs médicaux utilisés en chirurgie arthroscopique de l'épaule et des prothèses d'épaule

Overview of medical devices used in shoulder arthroscopic surgery and shoulder prosthesis

BOIKO-ALAUX Véra¹, ALAUX Philippe², LE BASLE Yoann³, VILLATTE Guillaume¹

Auteur correspondant : Véra Boïko-Alaux, Pharmacien hospitalier service Pharmacie DMS CHU
Gabriel Montpied 58, rue Montalembert 63 000 Clermont-Ferrand, vboikoalaux@gmail.com

Résumé

La chirurgie de l'épaule évolue fortement ces dernières années, du fait de l'essor de la chirurgie arthroscopique et du développement de dispositifs médicaux toujours plus adaptés. L'objectif de cette revue est de faire le lien entre les principales pathologies prises en charge et les dispositifs médicaux associés. Les principales indications à une arthroscopie d'épaule sont la réparation de la coiffe des rotateurs et la correction d'une instabilité d'épaule. L'intervention nécessite un ensemble d'équipements biomédicaux (arthroscope, arthropompe, arthroshaver, console à radiofréquence, portés par une colonne d'arthroscopie) associés à leurs instruments. Dans certains cas, des implants sont nécessaires,

notamment les ancres pour les réparations de coiffe. Les principales indications des prothèses d'épaule sont les fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus et l'omarthrose à coiffe fonctionnelle ou non. En fonction, ces prothèses se déclinent en prothèse humérale, prothèse totale anatomique ou prothèse totale inversée. Chacune est composée d'un ensemble d'implants qui remplacent tout ou partie de l'articulation gléno-humérale. Ces différents dispositifs médicaux permettent d'apporter des solutions évolutives à long terme à des patients de plus en plus nombreux.

Mots clés :

Orthopédie, Arthroplastie, Implants, Instrumentation.

¹ CHU Gabriel Montpied 58, rue Montalembert 63 000 Clermont-Ferrand.

² Pôle Santé République avenue de la république 63 000 Clermont-Ferrand.

³ Université Clermont Auvergne, CHU Clermont Ferrand, Clermont Auvergne INP, CNRS, ICCF, F-63 000 Clermont-Ferrand, France

Abstract

Shoulder surgery has undergone major changes in recent years, due to the rise of arthroscopic surgery and the development of improved medical devices. The aim of this review is to establish a link between the main pathologies treated and the associated medical devices. The main indications for shoulder arthroscopy are rotator cuff repair and correction of shoulder instability. The procedure requires a set of biomedical equipment (arthroscope, arthropump, arthroshaver, radiofrequency console, carried by an arthroscopy column) associated with their instruments. In some cases, implants are required, in particular anchors for rotator cuff repairs. The main indications for shoulder prostheses are fractures of the upper end of the humerus and omarthrosis with either a functional or non-functional cuff. Depending on the indication, these shoulder prostheses are available as humeral prostheses, total anatomical prostheses or total inverted prostheses. Each consists of a set of implants that replace all or part of the glenohumeral joint. These different medical devices provide long-term solutions for an increasing number of patients.

Keywords:

Orthopaedics, Arthroplasty, Implants, Instrumentation.

I. Introduction

Les pathologies de l'épaule sont de plus en plus fréquentes du fait du vieillissement de la population et du développement de la pratique du sport ^[1]. En raison de sa complexité anatomique et de sa grande mobilité, cette articulation requiert des approches chirurgicales toujours plus sophistiquées, s'appuyant sur une variété de technologies de pointe. La prise en charge des pathologies de l'épaule a considérablement évolué ces dernières années, avec une amélioration notable des résultats cliniques. Ce succès repose, d'une part, sur l'essor de la chirurgie arthroscopique, moins invasive, rendue possible grâce aux progrès technologiques des dispositifs

médicaux (DM) ^[2]. La chirurgie arthroscopique de l'épaule inclue notamment les réparations de la coiffe des rotateurs et du labrum de l'épaule, les corrections d'instabilités, la ligamentoplastie du ligament acromio-claviculaire (c'est-à-dire sa réparation ou son remplacement) et la ténodèse du tendon du long biceps (c'est-à-dire sa fixation dans l'humérus). D'autre part, il existe un développement de dispositifs implantables de plus en plus performants, en particulier dans le domaine de la chirurgie prothétique ^[1]. En raison de la diversité des pathologies rencontrées et des types d'interventions requises, la gamme de dispositifs médicaux utilisés dans la chirurgie de l'épaule est vaste et comprend des implants, des instruments chirurgicaux spécialisés et des équipements biomédicaux. Cette revue se propose d'explorer ces dispositifs en les associant aux pathologies spécifiques qu'ils permettent de traiter, afin de mieux comprendre leur impact clinique.

II. Rappels anatomiques sur l'articulation de l'épaule

L'articulation de l'épaule a une architecture et un fonctionnement relativement complexe en comparaison d'une hanche par exemple.

C'est une articulation suspendue, c'est-à-dire ne supportant pas le poids du corps, mais elle doit résoudre une équation paradoxale pour allier mobilité, stabilité et puissance.

1. La mobilité

L'épaule comporte quatre articulations auxquelles se rajoute le plan de glissement entre l'omoplate et la cage thoracique : ce sont : l'articulation gléno-humérale, la plus mobile du corps humain (50 % de la mobilité totale), l'articulation sterno-claviculaire, acromio-claviculaire, et enfin l'articulation scapulo-thoracique (Figure 1).

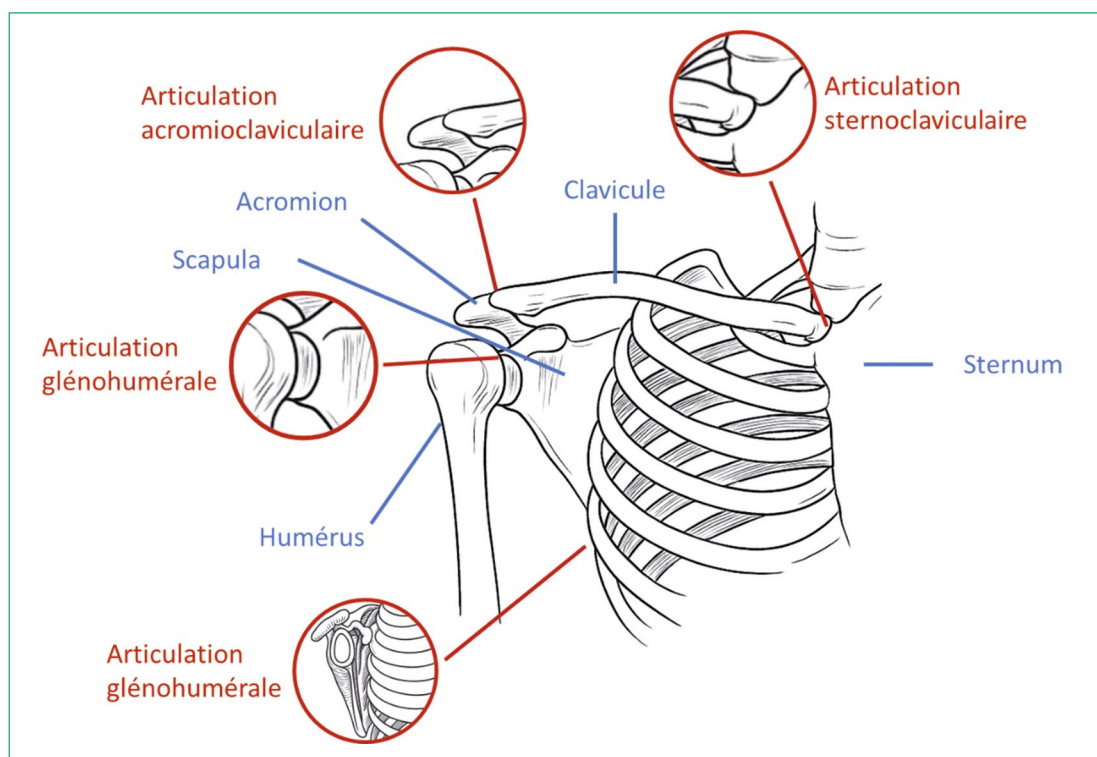


Figure 1 – Les quatre articulations de l'épaule, adapté de Rockwood et al. [3]

2. La stabilité

L'épaule est un système complètement instable souvent comparé à une orange dans une sous tasse, ou une balle de tennis dans une cuillère à café. Des éléments stabilisateurs lui sont donc absolument nécessaires. Ce système est constitué d'éléments passifs faibles et d'éléments actifs puissants. Les éléments passifs « faibles » sont représentés par le bourrelet (ou labrum) sur lequel s'attache le tendon du chef long du biceps brachial ou tendon du long biceps (LB) et qui constitue le joint entre la grosse tête humérale ronde avec la petite glène plate, permettant ainsi de les rendre congruents (Figure 2).

D'autre part, uniquement à la partie antérieure de l'articulation, il existe trois ligaments, le ligament gléno-huméral supérieur (LGHS), le ligament gléno-huméral moyen (LGHM) et le ligament gléno-huméral inférieur (LGHI), ce dernier étant le seul véritablement efficace avec une forme de hamac sur lequel repose la tête humérale.

Les éléments actifs « puissants » correspondent à la coiffe des rotateurs (Figure 3). La coiffe correspond aux tendons des muscles qui s'attachent sur l'omoplate. Elle est essentiellement constituée de trois éléments (supra-épineux, infra-épineux et sous scapulaire) auxquels on associe le long biceps. En entourant la tête humérale tels les doigts d'une main (Figure 4), ce sont eux les vrais éléments stabilisateurs actifs. Ils nécessitent une synchronisation précise : le moindre déséquilibre (surmenage, traumatisme, ...), du fait de la présence de nombreux reliefs osseux environnants (acromion, coracoïde) va engendrer des « conflits » qui finiront par créer des tendinites et des ruptures de tendon.

3. La puissance

Elle est assurée par les volumineux muscles superficiels au premier rang desquels le deltoïde et du grand pectoral.

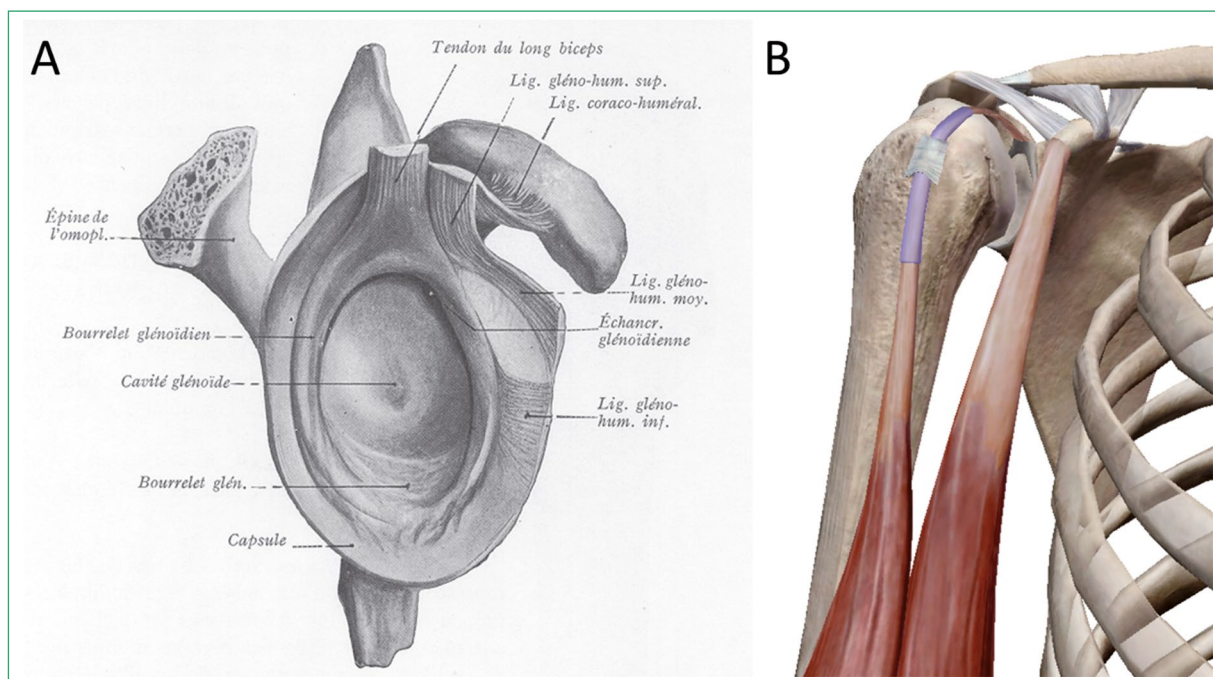


Figure 2 – Anatomie de la glène et de son bourrelet (A, issu de ^[4]) et positionnement du tendon du long biceps (B, en bleu, issu de ^[5]).

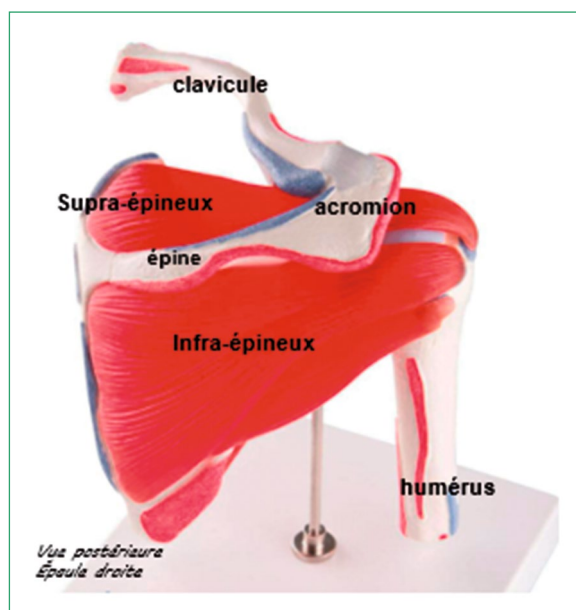


Figure 3 – Face postérieure de l'épaule (illustration P. Alaux).

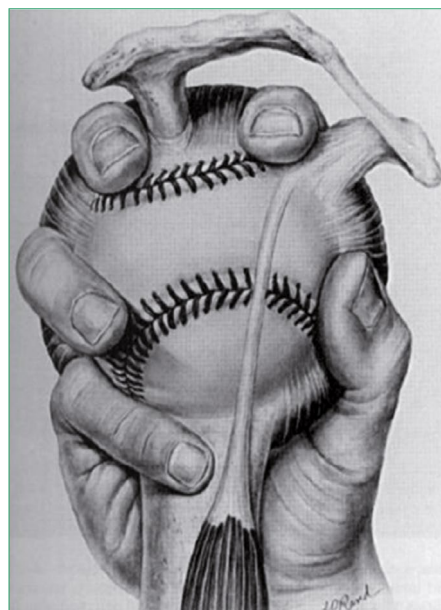


Figure 4 – Comparaison de l'action de la coiffe aux doigts d'une main (issu de ^[6]).

III. Pathologies de la coiffe des rotateurs et instabilités de l'épaule

1. Pathologies de la coiffe

A) Physiopathologie et clinique

Les trois pathologies mécaniques les plus fréquentes de l'épaule sont représentées par les tendinopathies et ruptures de coiffe, l'instabilité gléno humérale et l'arthrose, nommée omarthrose, dans le cas de l'épaule.

Ces pathologies sont très fréquentes, du fait que, l'homme devenu bipède, a ainsi pu libérer ses mains qu'il va utiliser en permanence et de façon fréquente avec les bras en l'air. Or, pour lever le bras l'homme utilise le deltoïde, principal muscle moteur pour effectuer ce geste, et la contraction du deltoïde a pour premier effet de faire monter verticalement la tête humérale vers le haut. Celle-ci va devoir solliciter un point d'appui pour que le bras s'élève et c'est la coiffe qui va jouer ce rôle de butée dynamique (Figure 5). Ainsi tout au long de sa vie, la coiffe de l'homme va être mise à rude épreuve et progressivement s'user.

Devant toute douleur persistante d'épaule, après un examen clinique, le chirurgien interviewé

réalise un premier bilan à l'aide d'une radiographie simple et d'une échographie. Cependant, il aura recours à un arthroscanner et surtout à une IRM pour confirmer le diagnostic d'une rupture de coiffe.

B) Traitement des pathologies de la coiffe

a) Tendinopathies non rompues

Leur traitement est essentiellement médical, en ayant recours à des infiltrations, des séances de kinésithérapie. La présence de calcifications va conduire le radiologue à pratiquer une ponction aspiration sous échographie.

Enfin, une acromioplastie peut être proposée par le chirurgien. Elle consiste à « raboter » l'acromion sous arthroscopie avec une petite fraise motorisée, pour ainsi faire de la place et éviter le conflit, mais elle est de moins en moins pratiquée isolément, sans geste chirurgical associé.

b) Ruptures de coiffe

Leur traitement est chirurgical sous arthroscopie. Le chirurgien proposera une intervention chirurgicale selon deux critères, l'atrophie musculaire due au tendon rompu, qui doit être à un stade réversible pour un bon résultat opératoire, et l'utilisation de l'épaule par le patient (jeune ou actif), car la lésion dans la coiffe s'agrandit inexorablement.

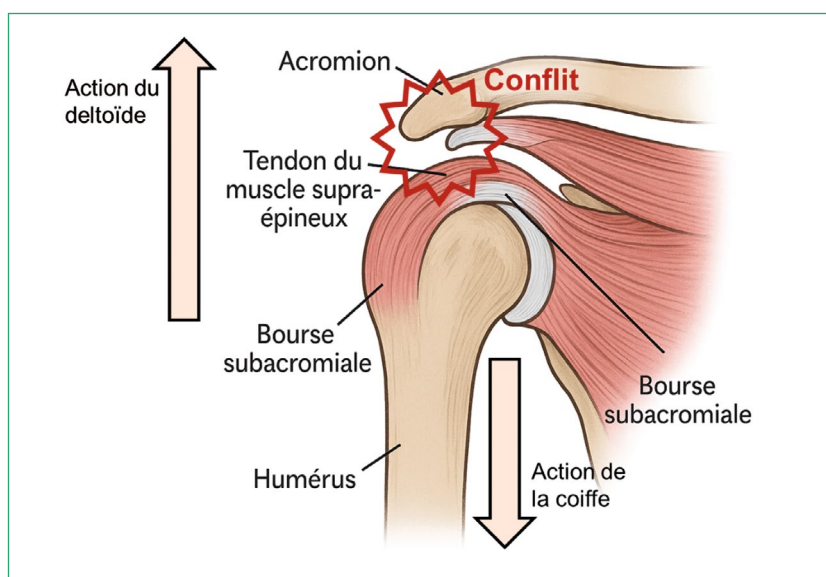


Figure 5 – Rôle de butée de la coiffe (illustration Y. Le Basle).

Le principe de la réparation consiste à refixer le tendon sur son insertion osseuse de manière suffisamment solide pour permettre la rééducation et la cicatrisation. Si le patient ne peut pas ou ne veut pas être opéré, il lui sera proposé un traitement médical (rééducation, apprentissage de gestes permettant une économie de l'épaule). La réparation de la coiffe peut se faire selon une technique dite à « double rangée » (Figure 6)^[7]. Dans ce cas, deux types d'ancres sont utilisées. Les ancres de premier rang sont de gros diamètre et prémontées avec des fils et/ou des bandelettes (généralement autant que d'ancres de second rang). Les fils traversent la coiffe et servent à la plaquer sur l'humérus, dans lequel elles sont fixées à l'aide des ancres de second rang. Ces ancres sont généralement de diamètre légèrement plus petit et ne sont pas prémontées de fils.

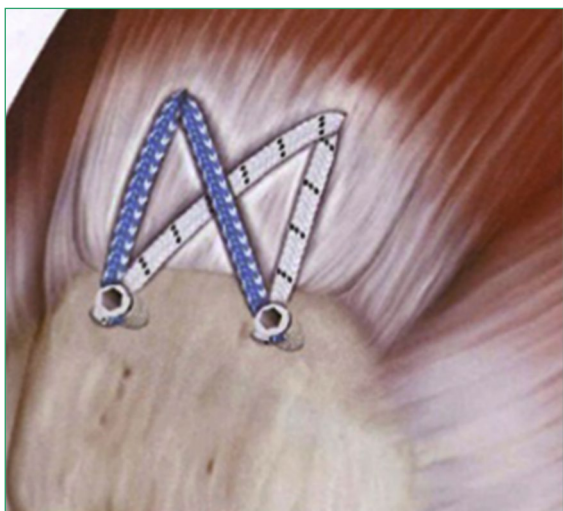


Figure 6 – Réparation de la coiffe des rotateurs par technique à « double rangée », adapté de [8].

2. Instabilité de l'épaule

Les douleurs d'épaule ne sont pas toutes dues à une pathologie de la coiffe ou à une arthrose mais aussi à une instabilité de l'épaule dont la complication aiguë est la luxation gléno-humérale. Elle est relativement facilement diagnostiquée par l'examen clinique. L'imagerie (arthroscanner ou arthro-IRM) permet d'évaluer les dégâts anatomiques générés par les épisodes de luxation.

En l'absence de lésion anatomique, le traitement sera médical, dans le cas contraire, un geste arthroscopique sera sans doute nécessaire (donnée obtenue en interview de chirurgien).

Deux tableaux cliniques prédominent : l'épaule douloureuse par instabilité (qui correspond à une lésion du bourrelet) et la luxation récidivante.

A) L'épaule douloureuse par instabilité (déchirure du bourrelet)

a) Clinique et diagnostic

Elle est caractérisée par une douleur fulgurante survenant lors d'un effort chez un patient de moins de 40 ans, avec une douleur qui ne passe pas, accompagnée parfois d'un petit claquement. L'échographie est négative, mais l'arthroscanner révèle la lésion du bourrelet.

b) Traitement

Il est fonction de la localisation et de l'importance de la lésion. On peut pratiquer une résection simple du bourrelet, ou une réparation à l'aide des ancres (Figure 7).

B) La luxation récidivante de l'épaule

a) Clinique et diagnostic

Le tableau clinique est très caractéristique : c'est un patient de moins de 40 ans qui, très souvent après un épisode initial traumatique, se « déboite » l'épaule de manière répétée. En effet, le patient de plus de 40 ans peut présenter ce tableau clinique mais pour celui-ci, se rajoute de manière systématique des lésions de la coiffe qui devront être traitées en même temps.

b) Traitement

La plupart du temps il est proposé au patient une butée qui consiste à prélever la coracoïde, à l'aide d'une lame de scie angulée à 90° et à venir la fixer par deux vis d'ostéosynthèse ou un ou deux endoboutons, sur le devant de la glène générant ainsi un barrage osseux. Celui-ci sera sécurisé avec l'insertion de la courte portion du biceps, le tendon du court biceps renforçant ainsi l'appareil ligamentaire (Figure 8).

Cette intervention se pratique de plus en plus souvent sous arthroscopie avec, comme principal

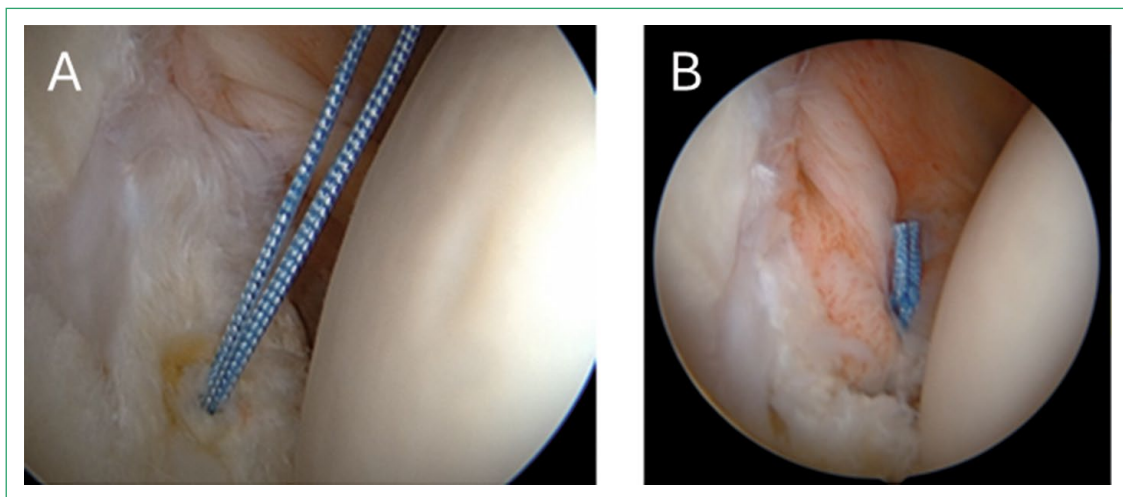


Figure 7 – Réparation d’une instabilité d’épaule à l’aide des ancrs (A : pose de l’ancr avec visualisation des fils ; B : aspect une fois le nœud fait et les fils coupés), illustration P. Alaux.

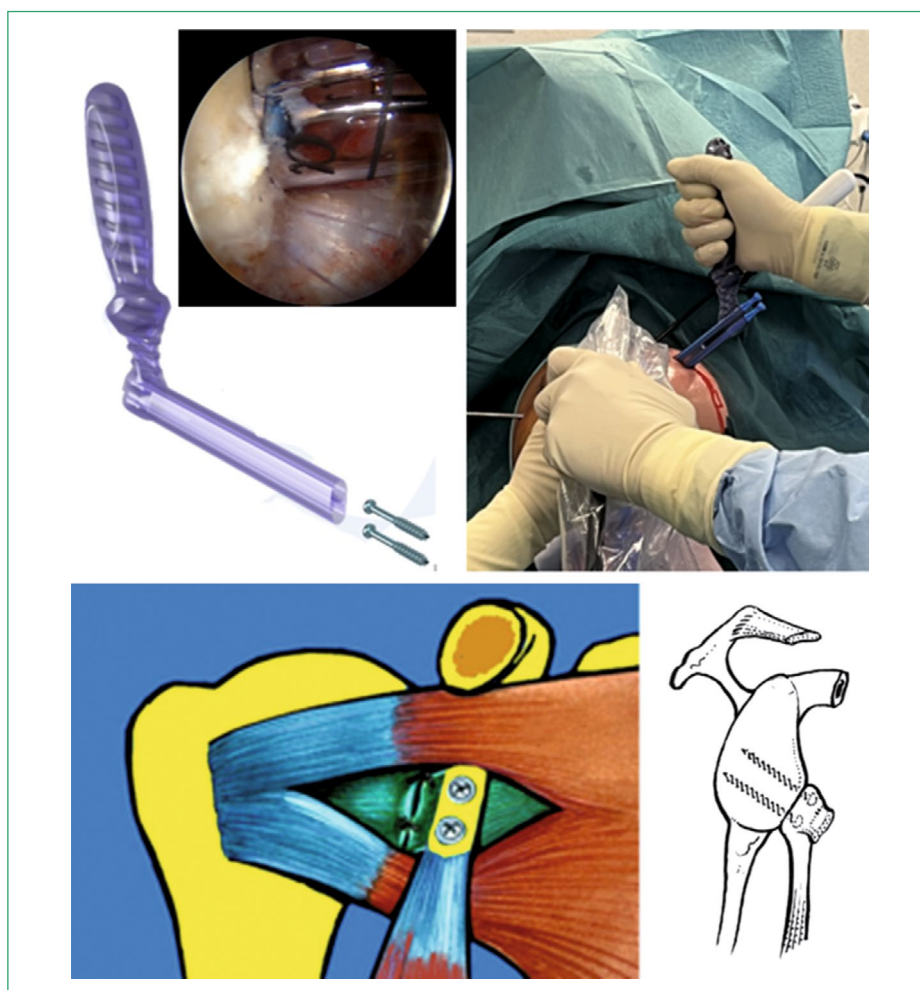


Figure 8 – Butée coracoïdienne (en haut : mise en place de la butée sous arthroscopie ; en bas : illustrations de la fixation de la coracoïde par deux vis), illustrations P. Alaux.

avantage, une plus grande facilité technique de prise en charge des lésions associées (lésion du LB, lésion du bourrelet) voire, si nécessaire, la réparation de la coiffe concomitante.

La technique arthroscopique nécessite un ancillaire spécifique avec des consommables (mèches usage unique, canule spéciale, vis, endoboutons).

3. Dispositifs médicaux utilisés en arthroscopie

A) Colonne d'arthroscopie, équipements biomédicaux et dispositifs médicaux stériles associés

La colonne d'arthroscopie est l'élément principal qui porte et assemble les différents équipements biomédicaux nécessaires à la chirurgie sous arthroscopie (Figure 9). Elle inclut ainsi le système vidéo et de traitement de l'image, les équipements de gestion des flux liquidiens et les équipements permettant de réaliser l'intervention en elle-même.

a) Système vidéo

Le système vidéo pour arthroscopie est composé de trois parties. L'arthroscope (Figure 10) permet la transmission de la lumière et de l'image par l'utilisation de lentilles. Il est systématiquement inséré dans l'articulation grâce à un trocart. L'image est captée par une caméra reliée à une console de traitement d'image, elle-même reliée à un écran permettant de visualiser l'intérieur de l'articulation. La lumière est transmise à l'arthroscope par cette même console à l'aide d'une fibre optique.

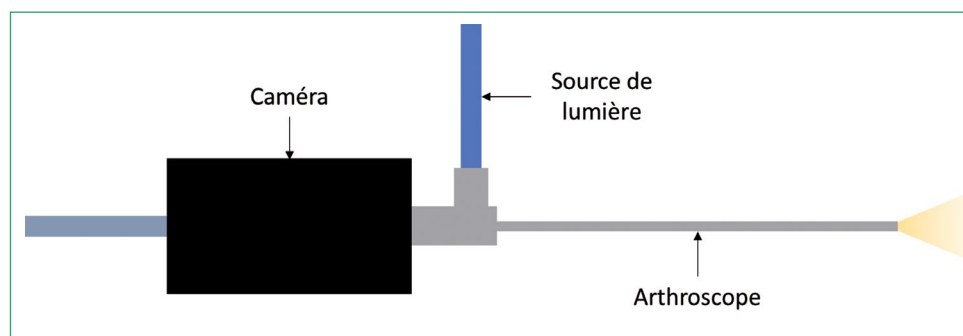


Figure 10 – Représentation d'un arthroscope, illustration Y. Le Basle.



Figure 9 – Colonne d'arthroscopie (© Conmed).

b) Arthropompe

Les flux de sérum physiologique entrant et sortant de l'articulation sont gérés par une arthropompe (Figure 11). Celle-ci permet de créer un espace de travail à l'intérieur de l'articulation en la faisant gonfler. De plus, la circulation de sérum physiologique permet l'irrigation et le lavage. Enfin, la pression appliquée assure en partie l'hémostase. Ces trois éléments ont pour but d'améliorer la visibilité à l'intérieur de l'articulation et sont obtenus par le réglage et l'adaptation du débit par le chirurgien en fonction des besoins opératoires.



Figure 11 – Façade d'une arthropompe
(© Smith Nephew).

L'utilisation d'une arthropompe nécessite des dispositifs médicaux captifs de l'équipement référencé. La fonction d'irrigation, commune à toutes les arthropompe, peut être assurée par une ou deux tubulures. Pour les montages à une tubulure, celle-ci doit être changée à chaque patient. Les montages à deux tubulures incluent une tubulure multi-patients journalière (utilisable pour toute la journée) et une tubulure par patient. Ces montages sont généralement plus économiques pour des journées opératoires à plusieurs patients. Certains modèles d'arthropompe permettent également de maîtriser le débit sortant. Dans ce cas, une tubulure d'aspiration est nécessaire.

c) Arthroshaver

L'arthroshaver permet la résection des tissus mous et le fraisage des os (Figure 12). Il est constitué de trois parties. La console de shaver fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement de la pièce à main. Celle-ci permet au chirurgien de maîtriser la vitesse de fonctionnement du consommable qui lui est associé.



Figure 12 – Console d'arthroshaver et ses accessoires
(en haut : pièce à main ; à droite : pédales de contrôle ; à gauche : couteau et fraise)
(© Ethicon, Inc.).



Figure 13 – Couteaux d'arthroshaver (© Conmed)

Deux types de DM, stériles ou restérilisables, peuvent être utilisés avec un arthroshaver. Un couteau permet de réséquer les tissus mous (Figure 13). Il prend la forme d'un cylindre métallique en partie ouvert à l'extrémité distale, avec possibilité d'une denture. À l'intérieur, une lame tourne sur elle-même selon l'axe du cylindre et permet de réaliser la coupe. Une fraise permet d'araser l'os en fonction du besoin (Figure 14).

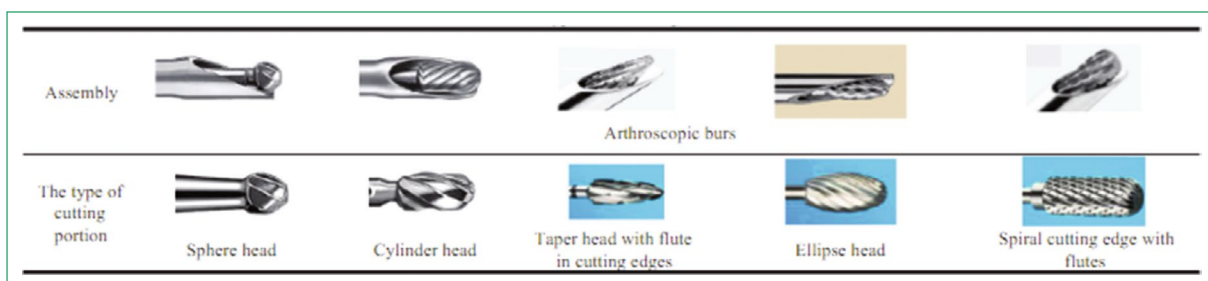


Figure 14 – Différents types de fraises d'arthroshaver, issu de Chen et al. ^[9]

La forme est similaire à celle du couteau, mais le cylindre peut être un peu plus ouvert. La fraise en elle-même est de forme différente en fonction de l'utilisation voulue et sort plus ou moins de son cylindre.

d) Générateur de radiofréquence

Le générateur de radiofréquence (Figure 15) est un système d'électrocoagulation fonctionnant en milieu salin (dans lequel l'utilisation d'un bistouri électrique classique est impossible). Au travers d'une sonde, il crée un champ plasma focalisé, permettant de vaporiser les tissus de façon précise.



Figure 15 – Générateur de radiofréquence et ses équipements (© Conmed).

Deux modes d'utilisation sont à disposition du chirurgien. Le mode ablation (code couleur jaune) permet la résection et la coagulation des tissus mous. Le mode rétractation (code couleur bleu) permet l'hémostase des vaisseaux sanguins.

La puissance de chaque mode peut être réglée indépendamment. Le chirurgien alterne entre ces deux modes directement sur la pièce à main ou avec un système de pédales. L'équipement peut intégrer un système d'aspiration pour évacuer les débris. Les modèles les plus récents permettent également de contrôler la température, soit *via* le liquide récupéré par aspiration, soit par une sonde de température intégrée avec les électrodes. Le consommable est représenté par une sonde captive du générateur et à usage unique. Cette sonde contient une ou plusieurs électrodes. Se différencient donc les sondes monopolaires, bipolaires et tripolaires.

Le Tableau I fournit une liste non exhaustive de fournisseurs d'équipements d'arthroscopie, ainsi que certains noms de gamme associés.

B) Instrumentation pour arthroscopie

Une intervention d'arthroscopie s'articule autour d'instruments destinés à faciliter le travail du chirurgien, tant sur l'accès à l'articulation que sur la manipulation du matériel et des tissus.

a) Canules d'arthroscopie

Le chirurgien peut avoir recours à des canules pour faire pénétrer les instruments à l'intérieur de l'articulation tout en maintenant l'accès ouvert. Une canule est alors réservée à l'introduction de l'optique de l'arthroscope et les autres sont utilisées pour le reste des instruments de l'intervention.

Tableau I : Récapitulatif des fournisseurs d'équipements d'arthroscopie, et gammes associées (liste non exhaustive).

FABRICANT	ARTHROPOMPE	ARTHROSHAVER			SYSTÈME DE RADIOFRÉQUENCE
		CONSOLE	PIÈCE À MAIN	GAMMES D'INSTRUMENTS	
Arthrex	DualWave®	SynergyResection®	SynergyResection®	Coolcut®	SynergyRF® + ApolloRF®
Conmed	IOK®	D4000®	Ergo®	Stealth®	Edge®
Johnson&Johnson	FMS Vue II®	FMS Vue II®	Tornado®	Omnicut®	VAPR®
Karl Storz	Endomat®	Unidrive®	Drillcut®		Autocon®
Smith&Nephew	Doubleflo®	Dyonics®	Dyonics®	Dyonics®	Werewolf+®
Stryker	CrossFlow®	CrossFire 2®	Formula®	Formula® CrossBlade®	CrossFire 2® + Serfas Energy®
Zimmer-Biomet	Tricera System®	Tricera System®	Tricera System®	Tricera System®	Tricera System®

Selon les habitudes du chirurgien, il peut utiliser une canule rigide ou une canule souple. Dans tous les cas, l'orifice externe est muni d'un joint pré-percé permettant de limiter les pertes de liquide. Une des canules devra être munie d'un port latéral permettant de brancher la tubulure de l'arthropompe (Figure 16).



Figure 16 – Canule d'arthroscopie avec port latéral, et son mandrin d'introduction (photo Y. Le Basle).

b) Pinces et passe-sutures

Afin de manipuler les différents tissus et implants à l'intérieur de l'articulation, le chirurgien dispose également d'un certain nombre de crochets, pinces et passe-sutures de formes diverses. Concernant les passe-sutures, les modèles manuels sont de simples pointes à crochet qui nécessitent que le chirurgien transperce manuellement le tissu à traverser en emmenant la suture. Les passe-sutures manuels sont des instruments restérilisables.

Un passe-suture automatique (Figure 17) est muni d'une poignée à deux gâchettes. Avec la première, le chirurgien pince le tissu à traverser et avec la deuxième il actionne l'aiguille qui fait traverser la suture. En se rétractant, l'aiguille laisse de l'autre côté du tissu une boucle de suture attrapable avec une pince. Les passe-sutures automatiques sont, selon les fournisseurs, entièrement à usage unique ou seulement en partie. Dans le deuxième cas, l'aiguille est un DM stérile à usage unique alors que la pince est restérilisable.

C) Implants posés en arthroscopie

a) Sutures ligamentaires

Les sutures utilisées en ligamentoplastie sont des fils non résorbables tressés, généralement en polyéthylène de très haut poids moléculaire. Deux formes de sutures peuvent être retrouvées. Les sutures de section rondes seront généralement en taille décimale 5 (#2 ou USP2) ou décimale 7 (#5 ou USP5). Il est possible de retrouver des tailles plus petites pour d'autres articulations. Les sutures de section plate, également appelées bandelettes ou *tape*, ont pour but de limiter l'effet « fil à couper le beurre » que peuvent avoir les sutures rondes lorsque le montage est mis en tension sur les tissus mous^[10]. En dehors de cet objectif, il semble qu'il n'y a pas de différence d'efficacité entre les deux types de sutures^[10]. Elles font généralement 1,6 à 2 mm de large.

Les sutures ligamentaires peuvent être prémontées sur une aiguille. Il s'agit généralement d'une aiguille ronde ½ cercle. Il peut s'agir d'une suture libre



Figure 17 – Passe-suture automatique (© Ethicon, Inc.).

ou d'une suture bouclée (ou *loop*), même si cette dernière est plutôt destinée à être utilisée pour les prothèses d'épaule. Enfin, certaines sutures ligamentaires sont conçues avec une différenciation entre l'âme et la surface afin de jouer sur leurs capacités de rétractation après la pose. Une liste non exhaustive de fournisseurs de sutures est présentée dans le Tableau II. À noter que certains termes reviennent régulièrement dans les dénominations commerciales.

Tableau II : Fournisseurs et gammes de sutures ligamentaires (liste non exhaustive).

FOURNISSEUR	GAMMES
Arthrex	Fiber/TigerWire® Fiber/TigerTape®
Conmed	HiFi®
FH Ortho	FH Link® FH Loop® FH Tape®
FX Solutions	Smartape® Smartloop®
Johnson&Johnson	Dynacord® Orthocord®
Move Up	SutUp®
Smith&Nephew	UltraBraid® UltraTape®
Stryker	ForceFiber® XBraid®
Veodis	Parcus Braid®
Zimmer-Biomet	Expressbraid® Maxbraid®

Les sutures ligamentaires sont des implants pris en charge au titre III de la liste des produits et prestations remboursables (LPPR). Selon les références, quatre descriptions génériques peuvent être retrouvées (Tableau III) ^[11]. L'inscription des sutures ligamentaires rondes sur l'une ou l'autre de ces descriptions dépend de chaque fournisseur. Les bandelettes ligamentaires sont, quant à elles, toutes inscrites sur la description « Implant tendineux, prothétique ou de renfort, textile pour rupture de la coiffe des rotateurs ».

Tableau III : Descriptions LPPR utilisées pour le remboursement des sutures (a : dans la limite de 210,38 € par intervention) ^[11].

DESCRIPTION	TARIF LPP
Implant tendineux, prothétique ou de renfort, textile pour rupture de la coiffe des rotateurs 3124240	393,87 €
Implant tendineux, prothétique ou de renfort, textile hors rupture de la coiffe des rotateurs 3138160	161,83 €
Ostéosynthèse, système d'ancrage tendineux ou ligamentaire, non résorbable 3197753	113,14 €
Ligament articulaire artificiel, système de fixation ou de sertissage 3183633	65,52 € ^a

b) Ancres

Les ancres sont des implants permettant la fixation des sutures dans l'os du patient. Au niveau de l'épaule, elles sont indiquées dans les réparations de la coiffe des rotateurs, mais également dans les réparations du labrum. Le diamètre des ancres utilisées dans l'épaule varie selon leur destination. Pour la réparation de la coiffe des rotateurs, le chirurgien optera pour des ancres de 4 à 6 mm de diamètre. Des ancres plus petites (2 à 4 mm de diamètre) sont en revanche plus adaptées dans la prise en charge des instabilités de l'épaule. Généralement, l'ancre est conditionnée prémontée sur une poignée à usage unique pour faciliter sa manipulation.

Les ancres peuvent être constituées de différents matériaux, ce qui permet de distinguer les ancres non résorbables des ancres résorbables (il existe également des ancres partiellement résorbables) (Figure 18). Les ancres non résorbables sont en métal (de moins en moins utilisées), en polyétherétherkétone (PEEK) ou plus récemment en textile. Les ancres résorbables sont constituées, selon les fournisseurs, de mélanges d'acide polyglycolique, d'acide polylactique, d'hydroxyapatite et de phosphate tricalcique.

Deux modes d'insertion existent pour les ancres (Figure 18). Les ancres à impacter seront enfoncées par percussion. La quasi-totalité des ancres de ce type sont aujourd'hui auto-impactables. Sinon, elles nécessitent la réalisation d'un pré-trou à

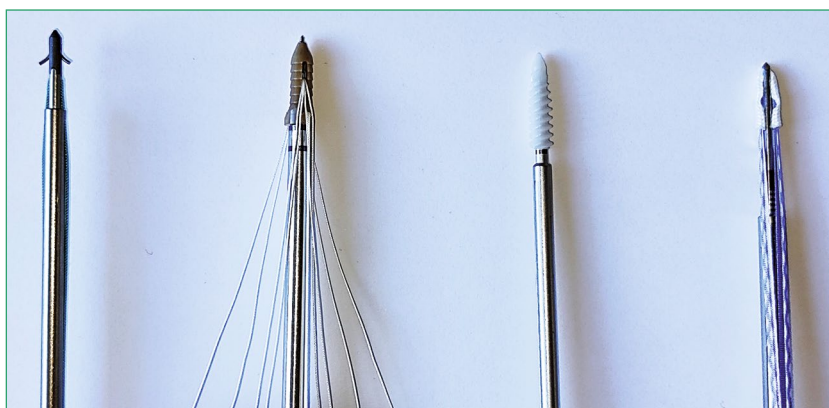


Figure 18 – Ancres orthopédiques (de gauche à droite : ancre métallique à impacter ; ancre en polyétherétherkétone à impacter ; ancre en composite biorésorbable à visser ; ancre textile à impacter) (photo Y. Le Basle).

l'aide d'un pointeau. Les ancres impactées se maintiennent dans l'os par des systèmes d'ailettes (pour les ancres métalliques) ou de crénelage (pour les ancres en PEEK ou résorbables). Les ancres textiles forment une boule à l'intérieur de l'os, avec un diamètre supérieur à celui du trou par lequel elles sont insérées. De façon logique, les ancres textiles sont toutes des ancres à impacter. Les autres ancres peuvent exister en version à visser. Dans ce cas, elles peuvent être auto-taraudeuses ou nécessiter la réalisation préalable du filetage par un taraud. Le choix du type d'ancre est à l'appréciation du chirurgien selon ses habitudes et selon le patient.

Les ancres peuvent être prémontées avec jusqu'à trois sutures ligamentaires qui seront utilisées pour la réparation. Ces sutures peuvent tout ou partie être des bandelettes ligamentaires. Lorsque l'ancre n'inclut pas de suture, elle est destinée à fixer une suture venant d'une autre ancre. C'est le cas par exemple d'une ancre de second rang lors d'une réparation de coiffe. Ces ancres sont dites « *knotless* » car ne nécessitent pas la réalisation d'un nœud pour fixer la suture. Les ancres *knotless* incluent également des ancres prémontées qui, utilisées seules, permettent une fixation de suture sur elle-même sans nœud, comme par exemple lors d'une réparation du labrum.

Les fournisseurs d'ancres différencient généralement plusieurs gammes en fonction du type d'ancre. Une liste non exhaustive est présentée dans le Tableau IV.

Tableau IV : Fournisseurs et gammes d'ancres pour arthroscopie d'épaule (liste non exhaustive).

FOURNISSEUR	GAMMES
Arthrex	FiberTak® SutureTak® SwiveLock®
Conmed	CrossFT® PopLok® SuperRevo® ThRevo® YKnot®
FH Ortho	Bio Anchor®
Johnson&Johnson	FastIn® Healix® Panalock®
Smith Nephew	Bioraptor® Healicoil® Multifix® Twifix®
Stryker	Iconix® ReelX®
Zimmer-Biomet	Juggerknot® Quattro® SutureLock®

Les ancres sont des implants pris en charge au titre III de la LPPR. Selon les références, quatre descriptions génériques, présentées dans le Tableau V, peuvent être utilisées^[11]. Les principaux éléments pris en compte sont l'utilisation spécifique ou non pour la coiffe des rotateurs, le caractère

Tableau V : Descriptions LPPR utilisées pour le remboursement des ancrés ^[11].

DESCRIPTION	TARIF LPP
Implant tendineux, prothétique ou de renfort, textile pour rupture de la coiffe des rotateurs	393,87 €
Ostéosynthèse, système d'ancrage tendineux ou ligamentaire, résorbable	176,03 €
Implant tendineux, prothétique ou de renfort, textile hors rupture de la coiffe des rotateurs	161,83 €
Ostéosynthèse, système d'ancrage tendineux ou ligamentaire, non résorbable	113,14 €

résorbable ou non de l'ancre et la présence ou non d'une bandelette ligamentaire prémontée.

c) Système de boutons pour disjonction acromio-claviculaire

La réparation des disjonctions acromio-claviculaires peut faire intervenir un dispositif de type bouton (Figure 19). Deux boutons sont placés de part et d'autre de la clavicule et de l'acromion.

Ils sont reliés par un système de boucles de suture coulissante permettant de resserrer le montage une fois en place.

Les fournisseurs sont présentés dans le Tableau VI. Ces systèmes de boutons sont des implants pris en charge au titre III de la LPPR, selon une seule description générique « Implant tendineux, prothétique ou de renfort, textile hors rupture de la coiffe des rotateurs » (161,63 €).

Tableau VI : Fournisseurs et gammes de boutons pour disjonction acromio-claviculaire (liste non exhaustive).

FOURNISSEUR	GAMMES
Arthrex	Tightrope®
Smith Nephew	Endobutton TwinBridge®
Zimmer-Biomet	ZipTight®

d) Vis d'interférence et dispositifs assimilés

Les vis d'interférences ont le même rôle que les ancrés, mais pour fixer des tissus mous et non pour réaliser des sutures. Elles sont principalement

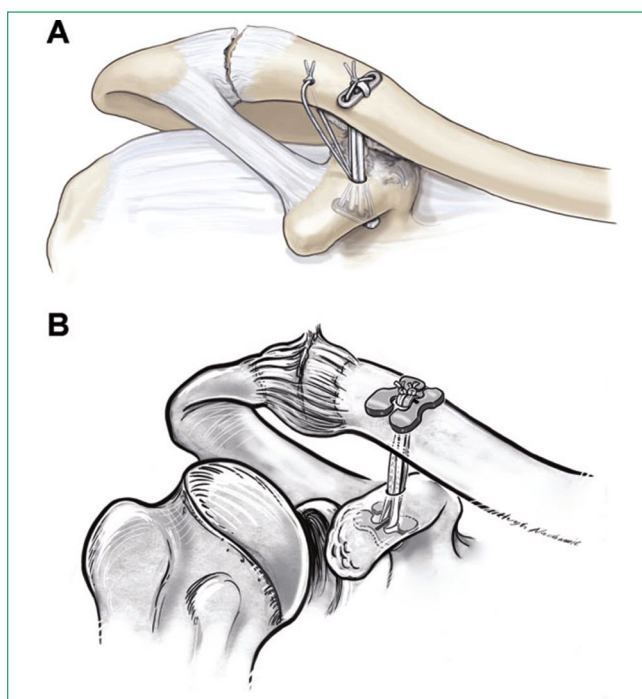


Figure 19 – Illustrations du positionnement d'un bouton pour disjonction acromio-claviculaire (A : double endobouton à boucle continue ; B : bouton « dogbone »), selon Struhl et al. ^[12], disponible sous licence CC BY-NC-ND 3.0.

connues pour leur utilisation dans la réparation des ligaments croisés du genou, mais sont également indiquées en arthroscopie d'épaule, notamment pour les ténodèses du long biceps (Figure 20).

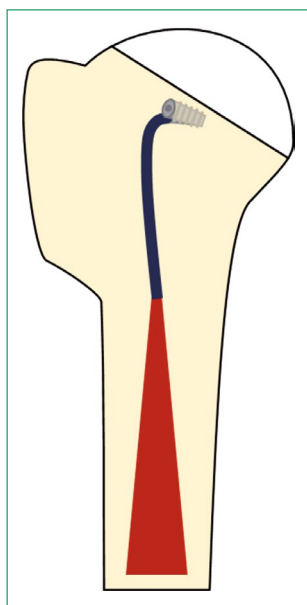


Figure 20 – Illustration d'une ténodèse du long biceps à l'aide d'une vis d'interférence, illustration Y. Le Basle.

Une liste non exhaustive de fournisseurs et gammes est présentée dans le Tableau VII. À noter que certains fournisseurs ont des gammes spécifiques

Tableau VII : Fournisseurs et gammes de vis d'interférences et dispositifs assimilés (a : dispositif spécifique pour la ténodèse du biceps ; b : dispositif impactable) (liste non exhaustive).

FOURNISSEUR	GAMMES
Arthrex	Swivelock tenodesis ^{®a} Tenodesis screw [®]
Conmed	Genesys Matrix [®] Tenolok ^{®ab}
Johnson&Johnson	Milagro [®]
Smith Nephew	Biceptor ^{®a}
Stryker	Biosteon [®] Universal Wedge [®]
Zimmer-Biomet	ComposiTCP [®] Lactosorb [®]

pour l'épaule, alors que d'autres déclinent leurs gammes de vis vers des tailles adaptées aux différentes indications et techniques utilisées. Ce sont des implants pris en charge au titre III de la LPPR, selon deux descriptions génériques spécifiques (Tableau VIII) ^[11]. L'utilisation de l'un ou l'autre dépend exclusivement du caractère résorbable ou non de la vis d'interférence.

Tableau VIII : descriptions LPPR utilisées pour le remboursement des vis d'interférence ^[11].

DESCRIPTION	TARIF LPP
Ostéosynthèse, vis d'interférence, résorbable, ligamentoplastie	211,42 €
Ostéosynthèse, vis d'interférence, non résorbable, ligamentoplastie	84,79 €

IV. Arthroplasties de l'épaule pour prise en charge des fractures et de l'arthrose d'épaule (omarthrose)

1. Types et indications des arthroplasties de l'épaule ^[13]

A) Généralités

Une prothèse d'épaule peut remplacer l'intégralité de l'articulation (prothèse totale) ou seulement la partie humérale (hémiarthroplastie ou prothèse humérale) (Figure 21).

La terme « inversée » désigne une prothèse avec un design où la partie sphérique est en position glénoïdienne et la cupule au niveau huméral (l'inverse de l'anatomie).

La majorité des gammes de prothèses d'épaule est aujourd'hui modulaire. Le chirurgien peut adapter les éléments du montage en fonction de son patient, mais aussi modifier ce montage s'il devient inadapté. Il a par exemple la possibilité de poser une prothèse humérale dans un premier temps. En cas de besoin, il peut réintervenir pour poser l'élément glénoïdien sans changer la partie humérale. Si la coiffe des rotateurs du patient se

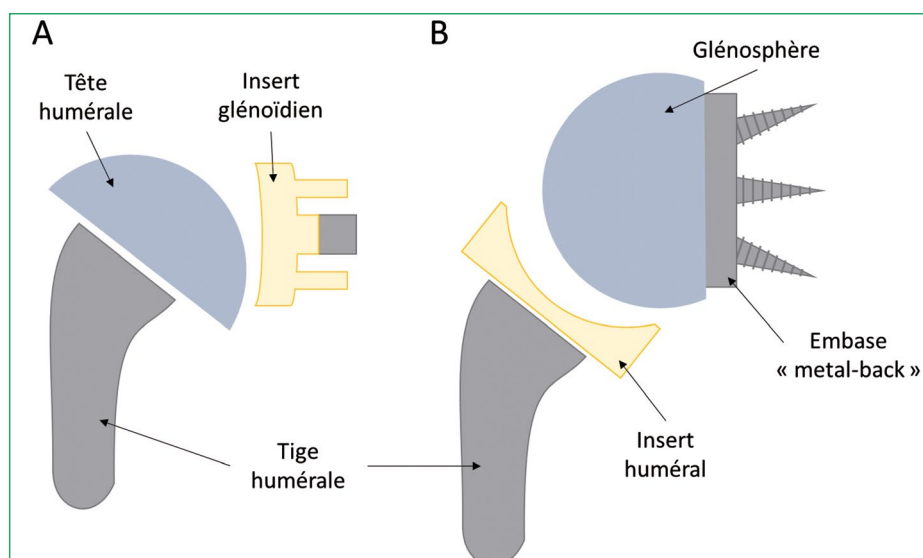


Figure 21 – Montages types d’une prothèse totale d’épaule anatomique (A) et inversée (B), illustration Y. Le Basle.

détérioré, le chirurgien peut à nouveau intervenir pour convertir la PTE anatomique en PTE inversée sans changer la tige humérale.

Le choix de la prothèse d’épaule dépend de plusieurs facteurs, incluant notamment la pathologie initiale et la fonctionnalité de la coiffe des rotateurs. Quatre pathologies représentent à elles seules les trois quarts des indications à la pose d’une prothèse d’épaule :

- la fracture d’extrémité supérieure de l’humérus (FESH) (25 %),
- l’omarthrose centrée (20 %) et omarthrose excentrée (coiffe déficiente) (15 %),
- la rupture de coiffe des rotateurs irréparable et hyperalgique sans arthrose (15 %).

B) Prothèse humérale (simple) ou hémiarthroplastie (PH) (sans la glène)

Elle est réservée aux patients jeunes le plus souvent, car elle préserve le capital osseux (Figure 22). Elle est utilisée dans les indications suivantes :

- L’ostéonécrose aseptique si la tête humérale a une glène saine.
- La fracture d’extrémité supérieure de l’humérus (FESH) complexe avec impossibilité ou échec d’ostéosynthèse.
- L’omarthrose centrée à coiffe compétente, fonctionnelle.

Cette prothèse a peu de complications à court terme, son taux de survie à 10 ans est proche

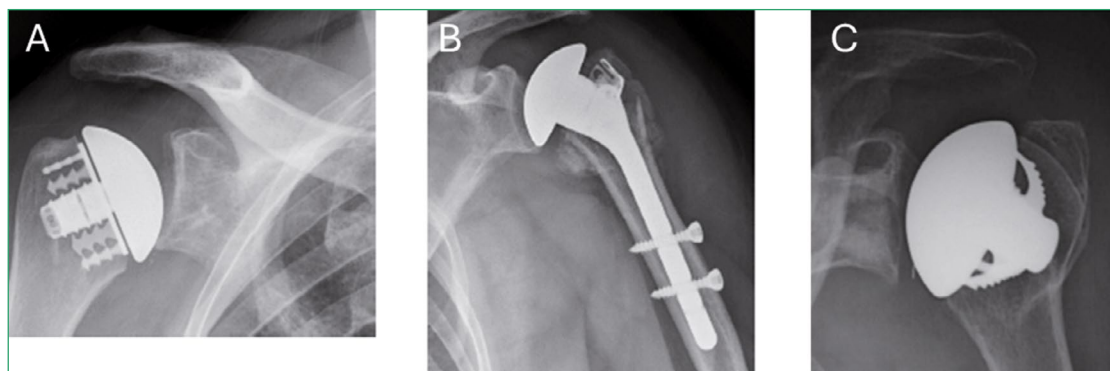


Figure 22 – Exemples d’utilisation d’hémiarthroplastie avec des designs différents pour s’adapter au mieux à l’anatomie locale et l’indication (A : ostéonécrose, B : fracture, C : cals vicieux séquentaire de fracture), illustrations G Villatte.

de 90 %. Elle peut se dégrader après 5 à 6 ans suite à une érosion glénoïdienne ou à une lésion secondaire de la coiffe des rotateurs.

C) Prothèse totale d'épaule anatomique (PTEA) ^[14]

Elle est utilisée lorsque l'épaule est dégénérative mais avec une coiffe des rotateurs « compétente » (fonctionnelle) et peu de déformation osseuse soit dans :

- l'omarthrose centrée ;
- l'ostéonécrose aseptique avec une tête humérale atteinte ;
- l'arthrite inflammatoire.

Cette prothèse présente d'excellents résultats, qui lui donnent le nom de prothèse de « l'épaule oubliée » (Figure 23). Elle permet la reprise du sport dans 90 % des cas. Son taux de survie globale à 10 ans est de 80 %.

Le taux d'échec est dû à l'implant glénoïdien qui est le maillon faible en présentant un risque de descellement. Son inconvénient majeur est de ne pouvoir être utilisée lorsqu'il y a une rupture de coiffe.

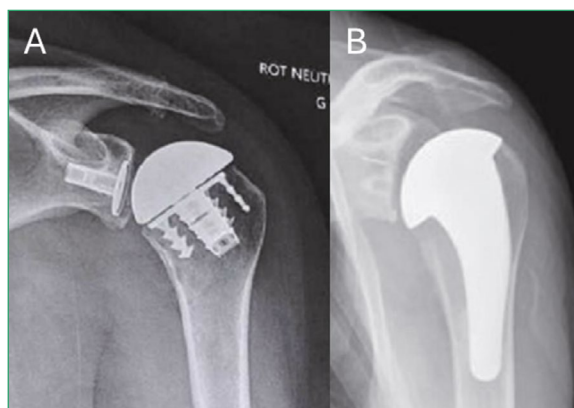


Figure 23 – Exemples de PTEA sans (A) et avec tige humérale (B), illustrations G Villatte.

D) Prothèse totale d'épaule inversée (PTEI) ^{13,15,16]}

Elle est utilisée quasiment dans toutes les situations où il y a une lésion de la coiffe des rotateurs et/ ou une difficulté « anatomique » telle qu'une déformation osseuse (Figure 24), soit dans :

- L'omarthrose avec rupture de coiffe des rotateurs (excentrée)
- L'omarthrose centrée avec déformation glénoïdienne
- La rupture de coiffe non réparable

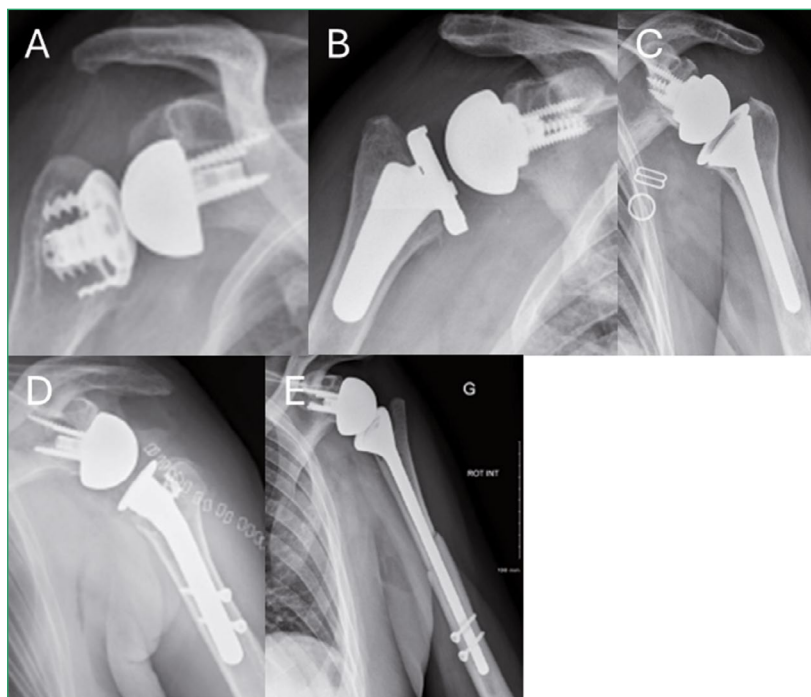


Figure 24 – exemple de différents designs huméraux de PTEI (A : sans tige « stemless », B : tige courte onlay non cimentée, C : tige standard inlay, D : tige standard onlay verrouillée, E : tige longue inlay verrouillée), illustrations G Villatte.

- La FESH chez la personne âgée
- Les séquelles traumatologiques (pseudarthrose, cals vicieux, raideur...)
- La reprise de prothèse

Cette prothèse présente des résultats fonctionnels constants mais qui restent globalement inférieurs à ceux de la PTEA. Le taux de survie de la prothèse à 15 ans est supérieur à 85 %, les taux de complications précoces de l'ordre de 10-20 %. L'implant glénoïdien reste toujours l'élément faible avec un risque de descellement et en cas de problème les solutions de reprise sont complexes (Figure 25).

2. Dispositifs d'arthroplastie de l'épaule

A) Tige humérale

Plus ou moins longue, la tige permet d'ancrer la prothèse dans l'humérus. Elle est généralement constituée d'alliages de titane et peut être revêtue de nitrure de titane pour la rendre anallergique. Les tiges existent en versions sans ciment ou à cimenter. Trois géométries peuvent être dénombrées :

- Les tiges « *stemless* » et mini-tiges ont pour seul but de placer la base pour recevoir l'élément articulaire huméral (tête ou insert).
- Les tiges *onlay* sont intégralement insérées dans l'humérus. La coupe est réalisée selon la surface cartilagineuse de la tête humérale. Elles entraînent moins de perte osseuse, mais un décalage plus important entre l'humérus et la scapula (Figure 26).
- Les tiges *inlay* reposent dans la métaphyse humérale, grâce à une coupe plus basse réalisée à partir du grand tubercule. Elles prennent plus de place dans l'humérus, mais sont celles qui provoquent le moins de décalage entre l'humérus et la scapula (Figure 26). Elles sont préférées chez les patients de plus petit gabarit.

Au-delà de la géométrie, trois types de tiges humérales existent. Les tiges pour omarthrose sont des tiges simples qui n'ont généralement pas de



Figure 25 – Exemple de complication mécanique de PTEI avec arrachement de la partie glénoïdienne, illustration P. Alaux.

caractéristique supplémentaire. Leur longueur varie de 55 à 135 mm. Les tiges pour fracture peuvent être verrouillables et possèdent des trous ou encoches pour passer les fils de suture, maintenant ainsi les fragments ensemble. Les tiges de reprise sont plus longues et leur mode de fixation le plus fréquent est le ciment mais des modèles verrouillables existent également. Ces deux types de tiges mesurent entre 170 et 200 mm de long. Le diamètre des tiges humérales varie entre 6 et 14 mm.

Les tiges humérales sont prises en charge au titre III de la LPPR selon trois descriptions génériques, telles qu'indiquées dans le Tableau IX ^[11].

Tableau IX : Descriptions LPPR utilisées pour le remboursement des tiges humérales ^[11].

DESCRIPTION	TARIF LPP
Épaule, tige humérale standard, monobloc (tête comprise)	689,37 €
Épaule, tige humérale standard, modulaire	1 032,46 €
Épaule, tige humérale reprise ou reconstruction, monobloc ou modulaire	1 210,64 €

La tige peut également être la base de fixation de certains éléments annexes. Certains fournisseurs proposent par exemple des systèmes de cage

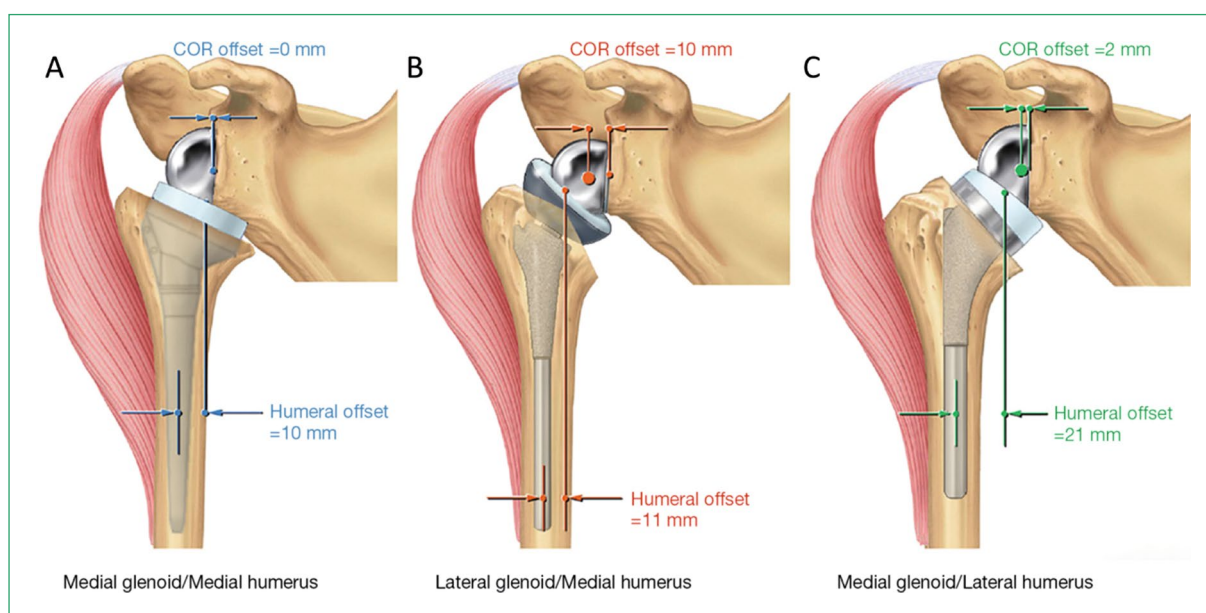


Figure 26 – Illustration du décalage entre l'humérus et la scapula avec une tige inlay (A) ou onlay (B et C), issue de Hansen et Routman ^[17], disponible sous licence CC BY-NC-ND 4.0.

permettant de placer des greffons osseux. Ces éléments ne sont cependant pas pris en charge au titre de la LPPR.

B) Implants articulaires d'une prothèse humérale et d'une PTE anatomique

Le montage inclut une tête (ou calotte) humérale et, pour une PTEA, un insert glénoïdien.

La tête humérale est généralement en métal (alliage cobalt-chrome, acier inoxydable, avec ou sans revêtement en nitrure de titane) mais existe en céramique chez certains fournisseurs. Les diamètres vont de 37 à 56 mm. La tête peut être centrée ou excentrée par rapport à la tige et il est possible de rajouter un réhausseur. En fonction des gammes, la tête peut être placée soit directement sur la tige, soit via une embase (ou platine) humérale. La tête humérale est prise en charge au titre III de la LPPR selon deux descriptions génériques, telles qu'indiquées dans le Tableau X ^[11]. Dans le cas où le composant huméral est en deux parties, soit les deux parties portent un code LPPR indépendant, soit un seul des deux implants porte le remboursement pour les deux (l'autre étant dans ce cas à prix 0).

Tableau X : Descriptions LPPR utilisées pour le remboursement des têtes humérales de prothèse d'épaule ^[11].

DESCRIPTION	TARIF LPP
Épaule, tête ou calotte seule métallique	296,87 €
Épaule, tête ou calotte seule, céramique, bipolaire ou cupule intermédiaire	457,54 €

L'insert glénoïdien des PTE anatomiques est en polyéthylène. Il peut être cimenté, ou non ou à fixation mixte. Dans ce dernier cas, l'un des plots de fixation sera sans ciment. Dans de plus rares cas, l'insert glénoïdien nécessite une embase métallique vissée dans la scapula (abordée plus en détail avec les PTE inversées). Les diamètres concaves de l'insert glénoïdien vont de 60 à 120 mm. Plusieurs épaisseurs existent, et il est possible d'ajuster l'angle de placement de l'insert (de 8 à 16°). L'insert glénoïdien est pris en charge au titre III de la LPPR selon une seule description générique « Épaule, implant glénoïdien, monobloc ou surface glénoïdienne » (262,44 €), que l'insert soit cimenté ou non.

C) Implants articulaires d'une PTE inversée

Le montage d'une PTEI inclue un insert huméral, une glénosphère et une embase métallique (ou métaglène). L'insert huméral est en polyéthylène, en céramique ou en métal. Son diamètre varie de 34 à 44 mm. En fonction des gammes, il peut être placé soit directement sur la tige, soit via une embase (ou platine) humérale. L'insert huméral est pris en charge au titre III de la LPPR selon les mêmes descriptions génériques que les têtes humérales, telles qu'indiquées dans le Tableau XI ^[11]. De la même façon que précédemment, dans le cas où le composant huméral est en deux parties, soit les deux parties portent un code LPPR indépendant, soit un seul des deux implants porte le remboursement pour les deux (l'autre étant dans ce cas à prix 0).

Tableau XI : Descriptions LPPR utilisées pour le remboursement des inserts huméraux de PTE inversée ^[11].

DESCRIPTION	TARIF LPP
Épaulle, tête ou calotte seule en polyéthylène	157,15 €
Épaulle, tête ou calotte seule métallique	296,87 €
Épaulle, tête ou calotte seule, céramique, bipolaire ou cupule intermédiaire	457,54 €

La glénosphère est généralement en alliage de cobalt-chrome (revêtu ou non de nitrure de titane) mais existe également en polyéthylène. Son diamètre varie de 34 à 44 mm. La glénosphère est systématiquement placée sur une embase métallique dite « *metal-back* ». Cette embase est vissée dans la scapula, avec une distinction entre la vis centrale et les vis périphériques. Certains fournisseurs disposent d'embases augmentées qui permettent de modifier la latéralisation de la prothèse et/ou de palier une usure de la glène asymétrique et/ou de palier une perte de substance osseuse dans la chirurgie de reprise. Les différents implants sont tous pris en charge au titre III de la LPPR de façon indépendante, tel qu'indiqué dans le Tableau XII ^[11]. À noter que les glénosphères sont prises en charge sur la même description que les inserts glénoïdiens.

Tableau XII : Descriptions LPPR utilisées pour le remboursement des implants glénoïdiens de PTE inversée ^[11].

IMPLANT	DESCRIPTION	TARIF LPP
Glénosphère	Épaulle, implant glénoïdien, monobloc ou surface glénoïdienne	262,44 €
Embase	Épaulle, implant glénoïdien, embase métallique ou metal back	453,38 €
Vis	Accessoire, vis de fixation pour implant articulaire	31,86 €

D) Principaux fournisseurs de prothèses d'épaulle

La plupart des fournisseurs proposent désormais des prothèses modulaires, incluant dans certains cas les prothèses de reprise. Le Tableau XIII présente une liste non exhaustive de fournisseurs et gammes de prothèses d'épaulle. Chaque prothèse dispose d'un ancillaire spécifique, avec parfois des options complémentaires selon l'indication (fracture, reprise...).

Tableau XIII : Fournisseurs et gammes de prothèses d'épaulle (liste non exhaustive).

FOURNISSEURS	GAMMES
3SOrtho	Aramis®
Arthrex	Eclipse®
Biotechni	Geo®
Euros	Scultra II®
Evolutis	Unic®
Exactech	Equinox®
FH Ortho	Arrow®
FX Solutions	Easytech®, Humelock®, Humeris®
Implantcast	Agilon®, Mutars®
Johnson&Johnson	Delta Xtend®, Icon®, Unite®
Lima	SMR®

FOURNISSEURS	GAMMES
Mathys	Affinis®
Medacta	Shoulder System®
Move Up	Isa®
Permedica	Mirai®
Stryker	Aequalis Ascend Flex® Aequalis Perform®
Zimmer Biomet	Comprehensive®, TM Reverse®

V. Conclusion

La chirurgie de l'épaule a considérablement évolué, avec des dispositifs médicaux proposant des solutions en fonction des différents cas cliniques et en proposant des systèmes permettant d'avoir des solutions évolutives à long terme.

En effet, la pathologie de l'épaule est de plus en plus fréquente, du fait, d'une part, de l'augmentation de l'espérance de vie, mais aussi, chez des patients de plus en plus jeunes, due principalement au développement important de la pratique du sport. Devant la diversité et la complexité des dispositifs médicaux utilisés dans la chirurgie de l'épaule, il est primordial pour les chirurgiens et les pharmaciens de travailler en étroite collaboration permettant ainsi d'avoir des dépôts d'implants optimisés, de rationaliser les gammes en fonction des pratiques chirurgicales, de façon à pouvoir faire face à toutes les indications et obtenir ainsi les meilleurs résultats vis-à-vis des patients.

VI. Remerciements

Les photographies ont été fournies gracieusement par les fournisseurs ci-dessous et utilisées avec leur autorisation.

- CONMED
- JOHNSON&JOHNSON
- SMITH NEPHEW

VII. Conflits d'intérêt

Les auteurs n'ont pas de conflit d'intérêt à déclarer en lien avec le sujet présenté dans cet article.

Références

1. Wagner ER, Farley KX, Higgins I, Wilson JM, Daly CA, Gottschalk MB. The incidence of shoulder arthroplasty: rise and future projections compared with hip and knee arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 2020;29(12):2601-9.
2. Vaishya R. The rise of shoulder arthroscopy. *J Clin Orthop Trauma.* 2019;10(2):221.
3. Rockwood CAJ, Matsen FA, Wirth MA. The Shoulder. 4th ed. Philadelphia: Elsevier Health Sciences; 2014.
4. Rouvière H, Delmas A, Delmas V. Anatomie humaine: descriptive, topographique et fonctionnelle. 14^e éd. révisée. Paris Milan Barcelone: Masson; 1997.
5. Atlas d'anatomie humaine 2021. Visible body; 2025. Available from: www.visiblebody.com
6. Favard L. Histoire naturelle et démembrement des ruptures de la coiffe des rotateurs. 2017. Available from: https://www.sofarthro.com/medias/telechargements/diurennnes2017/07_Favard.pdf
7. Rivalland N, Gaud E, Le Reste C, Cogulet V. Revue d'utilisation des ancres en arthroscopie de l'épaule dans un établissement de santé. *Rev Pharm Dispos Médicaux.* 2023;5(2).
8. Sheehan AJ, Hartzler RU, Burkhart SS. Arthroscopic Rotator Cuff Repair in 2019: Linked, Double Row Repair for Achieving Higher Healing Rates and Optimal Clinical Outcomes. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2019;35(9):2749-55.
9. Chen Z, Wang C, Jiang W, Tang N, Chen B. A Review on Surgical Instruments of Knee Arthroscopic Debridement and Total Hip Arthroplasty. *Procedia CIRP.* 2017;65:291-8.
10. Boksh K, Haque A, Sharma A, Divall P, Singh H. Use of Suture Tapes Versus Conventional Sutures for Arthroscopic Rotator Cuff Repairs: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2022;50(1):264-72.
11. Liste des Produits et Prestations Remboursables [Internet]. ameli.fr. [cited 2025 Apr 22]. Available from: http://www.codage.ext.cnamts.fr/codif/tips/chapitre/index_chap.php?p_ref_menu_code=1&p_site=AMELI
12. Struhl S, Wolfson TS, Kummer F. Axial-Plane Biomechanical Evaluation of 2 Suspensory Cortical Button Fixation Constructs for Acromioclavicular Joint Reconstruction. *Orthop J Sports Med.* 2016 1;4(12):2325967116674668.

13. Zilber S. Shoulder Arthroplasty: Historical Considerations. *Open Orthop J.* 2017;30;11(1):1100–7.
14. Roberson TA, Bentley JC, Griscom JT, Kissenberth MJ, Tolan SJ, Hawkins RJ, Tokish JM. Outcomes of total shoulder arthroplasty in patients younger than 65 years: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg.* 2017;26(7):1298–306.
15. Chawla H, Gamradt S. Reverse Total Shoulder Arthroplasty: Technique, Decision-Making and Exposure Tips. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2020;13(2):180–5.
16. Goetti P, Denard PJ, Collin P, Ibrahim M, Mazzolari A, Lädermann A. Biomechanics of anatomic and reverse shoulder arthroplasty. *EFORT Open Rev.* 2021;6(10):918–31.
17. Hansen ML, Routman H. The biomechanics of current reverse shoulder replacement options. *Ann Jt.* 2019;4:17–17.