



Université
de Poitiers



Université de Poitiers

Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNEE 2021

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE (décret du 25 novembre 2016)

présentée et soutenue publiquement
le 22, octobre, 2021 à Poitiers
par Monsieur Alexis Gerfroit, né le 23 août 1992

Titre

Intérêts de l'abord postérieur dans les fractures diaphysaires humérales

COMPOSITION DU JURY

Président : Monsieur le Professeur PRIES Pierre

Membres : Monsieur le Professeur Louis-Etienne GAYET †
Monsieur le Professeur PRIES Pierre
Monsieur le Docteur NIETO Hervé
Monsieur le Docteur BAROAN Célestin

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur NIETO Hervé



Le Doyen,

Année universitaire 2020 - 2021

LISTE DES ENSEIGNANTS DE MEDECINE

Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

- BOULETI Claire, cardiologie
- BOURMEYSTER Nicolas, biologie cellulaire
- BRIDOUX Frank, néphrologie
- BURUCOA Christophe, bactériologie – virologie
- CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
- CHRISTIAENS Luc, cardiologie
- CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- DAHYOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie – réanimation
- DEBAENE Bertrand, anesthésiologie réanimation
- DEBIAIS Françoise, rhumatologie
- DROUOT Xavier, physiologie
- DUFOUR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie
- FAURE Jean-Pierre, anatomie
- FRASCA Denis, anesthésiologie-réanimation
- FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
- GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
- GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
- GILBERT Brigitte, génétique
- GOMBERT Jean-Marc, immunologie
- GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
- GUILLEVIN Rémy, radiologie et imagerie médicale
- HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
- INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale
- ISAMBERT Nicolas, cancérologie
- JAAFARI Nematollah, psychiatrie d'adultes
- JABER Mohamed, cytologie et histologie
- JAYLE Christophe, chirurgie thoracique t cardio-vasculaire
- KARAYAN-TAPON Lucie, cancérologie
- KEMOUN Gilles, médecine physique et de réadaptation (**en disponibilité**)
- KRAIMPS Jean-Louis, chirurgie générale
- LECLERE Franck, chirurgie plastique, reconstructrice
- LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire
- LELEU Xavier, hématologie
- LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
- LEVEQUE Nicolas, bactériologie-virologie
- LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
- MACCHI Laurent, hématologie
- MCHEIK Jiad, chirurgie infantile
- MEURICE Jean-Claude, pneumologie
- MIGEOT Virginie, santé publique
- MILLOT Frédéric, pédiatrie, oncologie pédiatrique
- MIMOZ Olivier, anesthésiologie – réanimation
- NEAU Jean-Philippe, neurologie
- ORIOT Denis, pédiatrie
- PACCALIN Marc, gériatrie
- PERAULT-POCHAT Marie-Christine, pharmacologie clinique
- PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire
- PIERRE Fabrice, gynécologie et obstétrique
- PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
- RAMMAERT-PALTRIE Blandine, maladies infectieuses
- RICHER Jean-Pierre, anatomie
- RIGOARD Philippe, neurochirurgie
- ROBERT René, réanimation

- ROBLLOT France, maladies infectieuses, maladies tropicales
- ROBLLOT Pascal, médecine interne
- RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie (**retraite 01/03/2021**)
- SAULNIER Pierre-Jean, thérapeutique
- SCHNEIDER Fabrice, chirurgie vasculaire
- SILVAIN Christine, hépato-gastro- entérologie
- TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
- THIERRY Antoine, néphrologie
- THILLE Arnaud, réanimation
- TOUGERON David, gastro-entérologie
- WAGER Michel, neurochirurgie
- XAVIER Jean, pédopsychiatrie

Maîtres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers

- ALBOUY-LLATY Marion, santé publique (**en mission 2020/21**)
- ALLAIN Géraldine, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- BEBY-DEFAUX Agnès, bactériologie – virologie (**en cours d'intégration PH**)
- BEN-BRIK Eric, médecine du travail (**en détachement**)
- BILAN Frédéric, génétique
- BOISSON Matthieu, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire (**en mission 1 an à/c nov.2020**)
- CASTEL Olivier, bactériologie - virologie – hygiène
- CAYSSIALS Emilie, hématologie
- COUDROY Rémy, réanimation
- CREMNITER Julie, bactériologie – virologie
- DIAZ Véronique, physiologie
- FROUIN Eric, anatomie et cytologie pathologiques
- GACHON Bertrand, gynécologie-obstétrique
- GARCIA Magali, bactériologie-virologie
- JAVAUGUE Vincent, néphrologie
- KERFORNE Thomas, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- LAFAY-CHEBASSIER Claire, pharmacologie clinique
- LIUU Evelynne, gériatrie
- MARTIN Mickaël, médecine interne
- PALAZZO Paola, neurologie (**en dispo 1 an**)
- PERRAUD Estelle, parasitologie et mycologie
- SAPANET Michel, médecine légale
- THUILLIER Raphaël, biochimie et biologie moléculaire

Professeur des universités

- PELLERIN Luc, biochimie et biologie moléculaire

Professeur des universités de médecine générale

- BINDER Philippe

Professeurs associés de médecine générale

- BIRAULT François
- FRECHE Bernard
- MIGNOT Stéphanie
- PARTHENAY Pascal
- VALETTE Thierry
- VICTOR-CHAPLET Valérie

Maîtres de Conférences associés de médecine générale

- AUDIER Pascal
- ARCHAMBAULT Pierrick
- BRABANT Yann
- JEDAT Vincent

Enseignants d'Anglais

- DEBAIL Didier, professeur certifié

Professeurs émérites

- CARRETIER Michel, chirurgie générale (08/2021)
- GIL Roger, neurologie (08/2023)
- GOMES DA CUNHA José, médecine générale (08/2021)
- GUILHOT-GAUDEFFROY François, hématologie et transfusion (08/2023)
- HERPIN Daniel, cardiologie (08/2023)
- KITZIS Alain, biologie cellulaire (16/02/2021)
- MARECHAUD Richard, médecine interne (24/11/2023)
- MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire (08/2021)
- RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire (08/2022)
- SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes (08/2023)
- TOUCHARD Guy, néphrologie (08/2021)

Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires

- AGIUS Gérard, bactériologie-virologie
- ALCALAY Michel, rhumatologie
- ALLAL Joseph, thérapeutique (ex-émérite)
- ARIES Jacques, anesthésiologie-réanimation
- BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
- BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
- BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex-émérite)
- BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
- BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex-émérite)
- BEGON François, biophysique, médecine nucléaire
- BOINOT Catherine, hématologie – transfusion
- BONTOUX Daniel, rhumatologie (ex-émérite)
- BURIN Pierre, histologie
- CASTETS Monique, bactériologie -virologie – hygiène
- CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
- CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la reproduction
- CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
- DABAN Alain, oncologie radiothérapie (ex-émérite)
- DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice
- DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
- DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires
- DORE Bertrand, urologie (ex-émérite)
- EUGENE Michel, physiologie (ex-émérite)
- FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie-virologie (ex-émérite)
- FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex-émérite)
- GRIGNON Bernadette, bactériologie
- GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
- GUILLET Gérard, dermatologie
- JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
- KAMINA Pierre, anatomie (ex-émérite)
- KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino-Laryngologie
- LAPIERRE Françoise, neurochirurgie (ex-émérite)
- LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
- LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques
- MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
- MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (ex-émérite)
- MARILLAUD Albert, physiologie
- MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (ex-émérite)
- MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
- MORIN Michel, radiologie, imagerie médicale
- PAQUEREAU Joël, physiologie
- POINTREAU Philippe, biochimie
- POURRAT Olivier, médecine interne (ex-émérite)
- REISS Daniel, biochimie
- RIDEAU Yves, anatomie
- SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
- TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
- TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex-émérite)
- TOURANI Jean-Marc, oncologie
- VANDERMARCO Guy, radiologie et imagerie médicale

Remerciements

A MONSIEUR LE PROFESSEUR GAYET,

Vous qui étiez toujours présent quand nous en avions besoin.

Votre disparition a laissé un vide dans nos coeurs et au sein de l'équipe de chirurgie orthopédique de Poitiers.

J'aurais souhaité apprendre davantage à vos côtés.

Pour tout ce que vous avez apporté à la chirurgie orthopédique, à vos élèves et à vos collègues, un grand merci.

AUX MEMBRES DE MON JURY :

A Monsieur le Professeur PRIES, vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse.

Merci pour votre implication dans notre enseignement, que ce soit à travers les staffs (même en anglais) ou au bloc opératoire. Votre passion pour l'orthopédie et vos connaissances historiques facilitent chaque jour notre apprentissage et enrichissent notre culture.

Veillez par ce travail, trouver l'expression de mon profond respect et de ma reconnaissance.

A Monsieur le Docteur BAROAN, merci d'avoir accepté de faire partie de mon jury.

Vous savez allier à la perfection la bonne humeur, la gentillesse et l'art de la chirurgie orthopédique. Chaque bloc à vos côtés est un plaisir.

A mon Directeur de thèse le Docteur NIETO, merci de m'avoir guidé et accompagné tout au long de ce travail.

Un grand merci aussi pour le partage de vos connaissances ainsi que pour votre patience tout au long de mon internat.

Vous avez le don de simplifier et résoudre tous les problèmes orthopédiques que vous croisez, j'espère y parvenir un jour.

A MES AMIS :

A Valérian (aka Valoche) : depuis le premier jour de pré-rentrée en P1 où l'on s'est rencontré de l'eau a coulé sous les ponts mais surtout beaucoup d'alcool a été bu (et souvent au goulot). Et même si l'on se voit moins depuis que je suis parti à Poitiers chaque moment passé ensemble est mémorable !! Merci pour tout bro !

A Gabriel (aka Gaby le grand), parce qu'on a tous besoin d'un Gaby dans sa vie, moi j'ai trouvé le mien depuis la P2. Merci pour tous ces fous rires et bons moments passés ensemble.

A Arnaud (aka Nonno), un peu de Dordogne partout où tu vas !

Une super rencontre, pleins de voyages et de cuites et parce que c'est marrant comme une baleine !

Aux grands colocs : Lucie, Amélie, Steven, Florent et Benjamin,

Vous avez toujours été présents même lorsqu'on ne vivait plus sous le même toit.

Les histoires et aventures que nous avons partagées nous ont permis de surmonter cette longue et difficile route qu'est l'internat. Merci à toute cette petite famille !

Aux copains de la Rochelle (Brice & Cassandre, Tim & Julie, Nils & Mathilde, Max & Caro, Fosia et Nuche, Adrien), parce que sans vous la vie serait beaucoup moins belle. Que des supers rencontres ! Encore merci à tous.

A MA FAMILLE :

Merci à Charlotte, ma moitié, ma confidente, la femme que j'aime plus que tout et qui est toujours là pour moi.

Tu as quitté La Rochelle pour me suivre même si les destinations ne sont pas toujours des plus exotiques.

Merci de m'avoir supporté et encouragé durant cette longue épreuve. Parce que l'on partage tellement de choses ensemble et que ce n'est que le début.

Si l'on m'avait dit un jour qu'une tisane pouvait en arriver là...

A mes chers parents, parce que je vous dois tout.

Parce qu'en grandissant je me suis rendu compte que j'avais vraiment de la chance de vous avoir eu comme parents : vous avez toujours été présents, vous avez su me soutenir dans tous mes choix sans me juger ou me freiner.

Même si l'on se voit peu souvent, je pense toujours à vous et je ne vous remercierai jamais assez pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi.

Votre fils qui vous aime.

A tous les autres membres de ma famille, même si la vie, les choix et études de chacun ont fait que l'on passe moins de temps ensemble, vous avez toujours été compréhensifs et m'avez toujours soutenu.

Pour tout ce que vous êtes et ce que vous n'êtes pas je vous dis merci !

A mon chat Raviolle, sans qui j'aurai probablement fini ma thèse 1 an plus tôt, mais ça valait bien tous ces ronrons.

A TOUS MES CO-INTERNES :

Un GRAND MERCI à **toute la famille de l'orthopédie poitevine !**

Je ne vais pas faire d'énumération parce que vous avez tous compté (et surtout de peur d'en oublier).

Que ce soit les plus jeunes comme les plus anciens, que certains soient chefs et même PH maintenant, vous avez toujours été présents et on a toujours pu compter sur vous.

C'est pour cet esprit et cette entraide que j'ai choisi cette spécialité et ne regrette rien.

Un grand merci à tous !!!

A TOUS LES SERVICES QUI M'ONT ACCUEILLI :

Au service d'orthopédie B du CH de Niort, vous avez su m'accompagner et me corriger dans mes premiers pas en chirurgie orthopédique. Merci aux Dr Lombard, Merienne et Xavier pour votre encadrement. On ne pouvait rêver mieux pour débiter, même si parfois certains caractères ne sont pas toujours faciles à appréhender.

Au service d'orthopédie et de rachis du CHU de Poitiers, parce que vous avez su vous adapter à cet arrivage de petits jeunots (nouvelle réforme) sans pour autant nous laisser faire n'importe quoi. Merci à tous les chirurgiens orthopédiques qui ont su nous encadrer, mais aussi à l'équipe du rachis qui fera toujours partie de la famille de l'orthopédie !

Au service d'orthopédie de la Rochelle, une année à vos côtés qui est passée si vite...

Merci aux Dr Ben Larbi, Fontaine, Dos Remedios, Sam-Wing et Saget pour la rigueur que vous avez su nous apprendre et pour le partage de vos connaissances lors des staffs de 8h.

Merci aussi à El Professor pour nous inculquer la débrouille et l'autonomie et surtout merci à Julien pour ta gentillesse et ta bienveillance.

Au service de chirurgie vasculaire et thoracique de Niort, merci pour ces 7 mois hors orthopédie qui ont su être prolifiques. Merci aux Dr Thomas, Bezard et Laroye, dont la moustache n'a d'égal que sa gentillesse.

Au service d'orthopédie A du CH de Niort, merci pour la bonne humeur qui règne dans votre service et l'autonomie que vous nous accordez.

Au service de chirurgie infantile de Saint-Pierre (Réunion), jamais un service n'a été aussi chaleureux.

Merci au Dr Enaud pour sa simplicité, son franc parler, sa bonne humeur et son accueil.

Merci au Dr Ruzic et Jacopin pour tout ce que vous m'avez appris sur les prises en charge pédiatriques mais aussi pour vos conseils avisés et votre bonne humeur.

Merci au Dr Maurin pour sa patience lors des coelioscopies et des suspicions de torsions testiculaires.

Et merci à Charly Péi pour ces 6 mois qui sont passés trop vite !

AU PERSONNEL PARAMEDICAL :

Une page ne suffirait pas à **tous** vous remercier.

Que ce soit au bloc, dans les services et même aux urgences, vous êtes les personnes qui permettent à l'hôpital de tenir encore debout et au patient de retrouver la santé.

Vous êtes toujours présents quand on en a besoin et n'hésitez pas à nous reprendre si nécessaire.

C'est grâce à vous que nous devenons médecins.

Un grand MERCI aux équipes de Poitiers, de Niort, de la Rochelle et de Saint-Pierre.

Table des matières

Remerciements.....	4
Liste des abréviations.....	13
1) Introduction :.....	14
2) Rappels anatomiques (2,20–24).....	17
1. Repères cutanés.....	17
2. Ostéologie.....	20
2.1 Épiphyse proximale.....	20
2.2 Diaphyse humérale.....	21
A. Face antéro-médiale.....	21
B. Face antéro-latérale.....	21
C. Face postérieure.....	22
2.3 Épiphyse distale.....	24
3. Plan sous-cutané et aponévrose.....	25
4. Myologie.....	27
4. Topographie.....	29
5. Anatomie radiologique.....	35
6. Classification des fractures de l’humérus.....	36
7. Anatomie chirurgicale.....	37
3) Principes opératoires.....	39
1. Installation :.....	39
2. Abord cutané.....	40
3. Dissection et Repérage du nerf radial.....	41
4. Réduction et ostéosynthèse (25,40).....	43
5. Protocole post-opératoire.....	44
4) Méthode.....	45
1. Type d’étude.....	45
2. Population.....	45
3. Technique chirurgicale.....	46
4. Objectifs	47
5. Analyses statistiques.....	48
5) Résultats	49
6) Discussion	58
7) Conclusion.....	64
Table des tableaux et des figures.....	65
Bibliographie.....	67
Serment d’Hippocrate.....	72

Liste des abréviations

AO/OTA : Arbeitsgemeinschaft fur Osteosynthesefragen/Orthopaedic Trauma Association

BMI : Body Mass Index

DM : Différence Moyenne

ECM : Enclouage Centro-Médullaire (=IMN)

EVA : échelle visuelle analogique

IMN : Intra-Medullary Nailing (=ECM)

MEPI : Mayo Elbow Performance Index

MIPO : Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (Osétyosynthèse par plaque par voie mini-invasive)

OR : Odd Ratio

ORIF : Open Reduction, Internal Fixation (Réduction à foyer ouvert et fixation interne)

PRNP : Primitive Radial Nerve Palsy

QD : Quick-DASH = Quick Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand

SF-36 : Short Form-36

SRNP : Secondary Radial Nerve Palsy

TBTS : Time Between Trauma and Surgery

1) Introduction :

Les fractures diaphysaires de l'humérus sont fréquentes, elles représentent à elles seules 3 à 5 % de l'ensemble des fractures.(1)

Elles suivent une distribution bimodale : le premier pic entre 20 et 30 ans, concerne majoritairement les hommes au décours de traumatismes à haute cinétique (tel que les accidents de la voie publique), tandis que le second pic se situe dans la 7^{ème} décade chez des patients majoritairement ostéoporotiques (80 % de femmes) pour des traumatismes de plus faible énergie, principalement lors de chutes.

L'atteinte du tiers moyen de la diaphyse représentent 30 à 50 % des fractures de l'humérus selon les études et la forme la plus fréquente chez l'adulte est l'association d'une « fracture du tiers moyen » et d'un « trait transversal » qui constitue à elle seule environ un cas sur cinq selon Coudane (2).

Dans le contexte de vieillissement de la population générale, il est important de noter que le nombre de fractures de la diaphyse humérale a augmenté ces dernières années et qu'il devrait doubler d'après les prévisions pour 2030 (en comparaison à l'année 2008)(3).

Une des principales lésions associées est l'atteinte du nerf radial qu'elle soit primitive, c'est-à-dire liée au traumatisme, ou bien secondaire à la prise en charge de la fracture (immobilisation, chirurgie...).

Schwab et al. ont montré qu'environ 11,8 % des fractures de la diaphyse humérale étaient associées à une paralysie radiale, ce qui en fait la 1^{ère} lésion nerveuse périphérique en traumatologie(4).

Cette prévalence varie selon la localisation de la fracture : de 1,8 % pour les atteintes proximales à 15,2 % pour le 1/3 moyen de la diaphyse et jusqu'à 23,6 % pour sa portion distale(5).

De plus ces lésions nerveuses sont plus fréquentes lors des fractures transverses et spiroïdes, que lors des fractures comminutives.

Le taux de lésions radiales iatrogéniques varie lui aussi, et de manière importante selon les études, pouvant aller de 0 à 43 % (6,7) avec souvent un manque de détails quant à la voie d'abord utilisée, le repérage ou non du nerf radial et si repérage il y a eu, par quel moyen et quelle méthode ont été utilisés.

Mais dans la majorité des cas, que ces lésions nerveuses soient primitives ou secondaires, elles concernent les fractures du tiers distal de l'humérus.

De nos jours, la prise en charge des fractures diaphysaires de l'humérus fait toujours débat avec différentes possibilités : soit une prise en charge orthopédique, soit une prise en charge chirurgicale ; que ce soit par le biais d'un enclouage centro-médullaire (ECM), d'une ostéosynthèse par plaque à foyer ouvert ou bien à foyer fermé (par voie mini-invasive) ou au moyen d'un fixateur externe.

Durant de nombreuses années, la prise en charge était majoritairement orthopédique, telle que décrite par Sarmiento (8), cependant différentes études (9–11) ont démontré qu'une prise en charge non chirurgicale de ces fractures était associée à un taux significativement plus élevé de pseudarthrose et de déplacements secondaires.

De plus, le souhait d'une récupération rapide de la part des patients et l'évolution des techniques chirurgicales font qu'actuellement la majorité des centres réalisent une prise en charge chirurgicale de ces fractures. Que ce soit par enclouage centro-médullaire ou par ostéosynthèse à foyer ouvert par plaque et vis.

Mais de nombreux auteurs (12–15) soulignent les potentiels avantages d'une ostéosynthèse par plaque par rapport à un ECM, tels que le respect strict des axes anatomiques, des douleurs et une restriction des mouvements de l'épaule concernée qui sont moindres, un risque d'échec d'ostéosynthèse diminué, ainsi que la possibilité d'une mise en compression du foyer de fracture.

Concernant l'abord chirurgical, plusieurs voies ont été décrites : médiale(16), latérale, antéro-latérale, antérieure, et postérieure. La plus utilisée en France reste la voie d'abord latérale.

Qu'importe la voie d'abord utilisée le risque de lésion nerveuse iatrogène reste toujours présent (4,6,17).

Ces données sont en faveur d'une bonne identification et protection du nerf radial, et ce d'autant plus que la fracture intéresse le 1/3 moyen ou distal de la diaphyse humérale où la

dissection, la visualisation du foyer et le placement de l'implant risquent d'irriter, voire de léser le nerf.

De nombreux auteurs ont donc déjà proposé des moyens de repérage anatomique du nerf radial afin de permettre d'identifier des zones non à risque (« safe zones ») ou des zones d'identification et de contrôle du nerf.

L'équipe de Carlan et al. utilisait la tubérosité deltoïdienne (18) comme moyen d'orientation en estimant que le nerf radial se localisait à 10.9 cm (± 1.5 cm) sur le bord latéral de la diaphyse humérale par rapport à l'épicondyle latéral et à 17.1 cm (± 1.6 cm) de l'épicondyle médial sur la diaphyse homolatérale.

De même Hackl et al. se servaient de la partie proximale de la fossette olécraniennne (19) afin de délimiter une « safe zone » située respectivement à 10,5cm et 7,5cm du bord médial et latéral de la fossette.

Cependant il s'agit de repères osseux qui perdent leur valeur en cas de fracture humérale et ce d'autant plus qu'il existe un grand déplacement ou une comminution.

Nous avons analysé, pour ce travail, une série de fractures de la diaphyse humérale ostéosynthésées par plaque verrouillée, posées par voie postérieure, après isolement du nerf radial à partir d'un repère fixe sur les tissus mous, représenté par le sommet de l'aponévrose tricipitale.

2) Rappels anatomiques (2,20-

24)

L'humérus est l'os du bras.

C'est un os long qui s'articule à sa partie proximale avec la scapula (articulation synoviale sphéroïde) et en distalité avec le radius (articulation sphéroïde) et l'ulna (ginglyme huméro-ulnaire).

1. Repères cutanés

1.1 Face antérieure du bras

La face antérieure du bras est marquée dans sa région proximale par le relief du muscle deltoïde, qui délimite la fin de l'épaule en venant s'insérer latéralement au niveau de la tubérosité deltoïdienne de l'humérus.

La partie distale du sillon delto-pectoral vient faire dépression entre le chef antérieur du deltoïde et le galbe du muscle biceps brachial.

La face antérieure du bras se termine au niveau du pli de flexion du coude où l'on peut palper voire crocheter le tendon conjoint du biceps.



Figure 1 : Illustration de la face antérieure du bras

1.2 Face postérieure du bras

La face postérieure du bras débute au niveau du creux axillaire, lieu de passage du muscle grand dorsal qui marque la fin de l'épaule.

A ce niveau, on note une dépression entre deux reliefs cutanés longitudinaux convergents que sont les chefs long et latéral du triceps brachial.

Dans sa partie distale, on peut observer deux proéminences : une latérale et une médiale correspondant respectivement aux épicondyles médial et latéral.

Enfin, à l'extrémité du bras on retrouve le relief de l'olécrane, équidistant des épicondyles, où s'insère le tendon tricipital.



Figure 2 : Illustration de la face postérieure du bras

Cette face étant moins visible par le patient lui-même, ou par ses interlocuteur, l'impact esthétique d'une voie d'abord postérieure en est moindre.

De plus, le tissu sous-cutané étant abondant sur cette face, les cicatrices postérieures sont rarement rétractiles.

2. Ostéologie

Comme tous les os longs l'humérus possède une diaphyse, deux métaphyses et deux épiphyses.

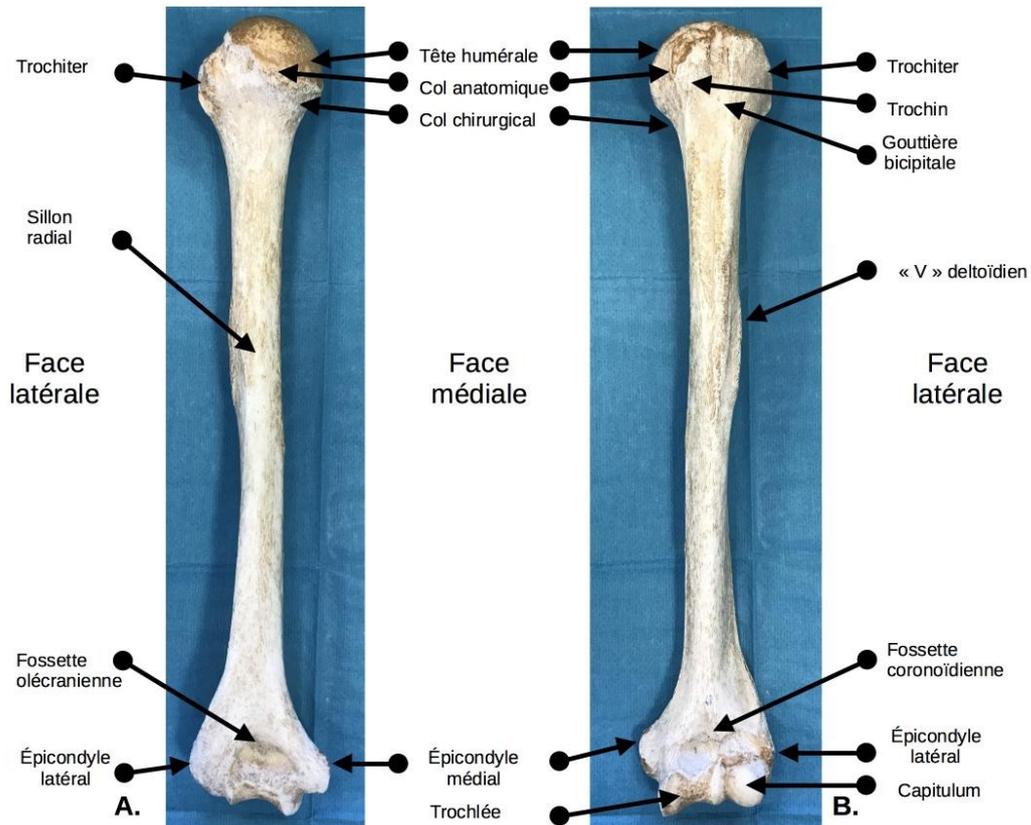


Figure 3 : Humérus gauche

A. Face postérieure. B. Face antérieure.

Photographies d'un humérus, Laboratoire d'Anatomie de Poitiers.

2.1 Épiphyse proximale

L'épiphyse proximale comprend la tête humérale, le col anatomique, le col chirurgical, les tubercules majeur (ou trochiter) et mineur (ou trochin) ainsi que le sillon intertuberculaire.

Le col chirurgical marque la fin de l'épiphyse et le début de la métaphyse proximale. Sa face postérieure est en contact avec le nerf axillaire et les vaisseaux circonflexes postérieurs.

Le muscle grand pectoral vient s'insérer sur cette métaphyse proximale et réalise la jonction entre l'épiphyse et la diaphyse humérale.

2.2 Diaphyse humérale

La diaphyse de l'humérus est prismatique, triangulaire à la coupe avec 3 faces : antéro-médiale, antéro-latérale et postérieure, séparées par 3 bords : antérieur, médial et latéral.

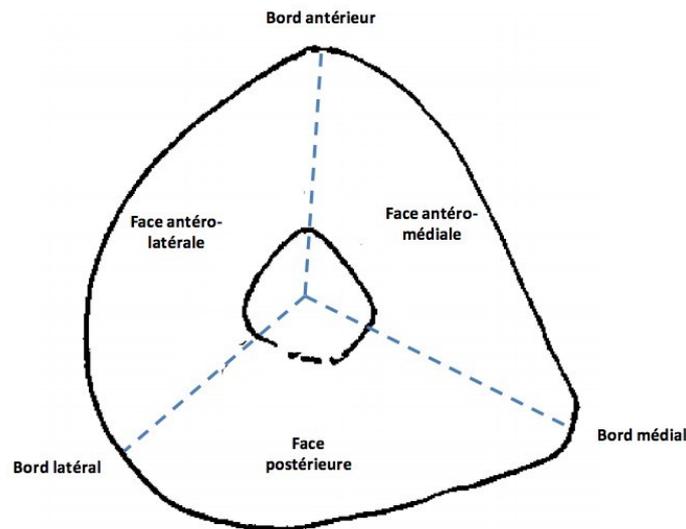


Figure 4 : Dessin représentant une coupe transversale d'humérus droit, vue caudale.

A. Face antéro-médiale

La face antéro-médiale présente dans son quart supérieur une crête prolongeant le tubercule mineur et donnant insertion au muscle grand dorsal latéralement et médialement au muscle grand rond.

Sa partie moyenne porte le foramen nourricier et permet l'insertion du muscle coraco-brachial.

Sa moitié inférieure, elle, laisse place à l'insertion du muscle brachial.

B. Face antéro-latérale

La partie moyenne de la face antéro-latérale est marquée par une tubérosité où s'insère le muscle deltoïde.

Tandis que sa moitié inférieure, plus saillante, donne aussi insertion au muscle brachial.

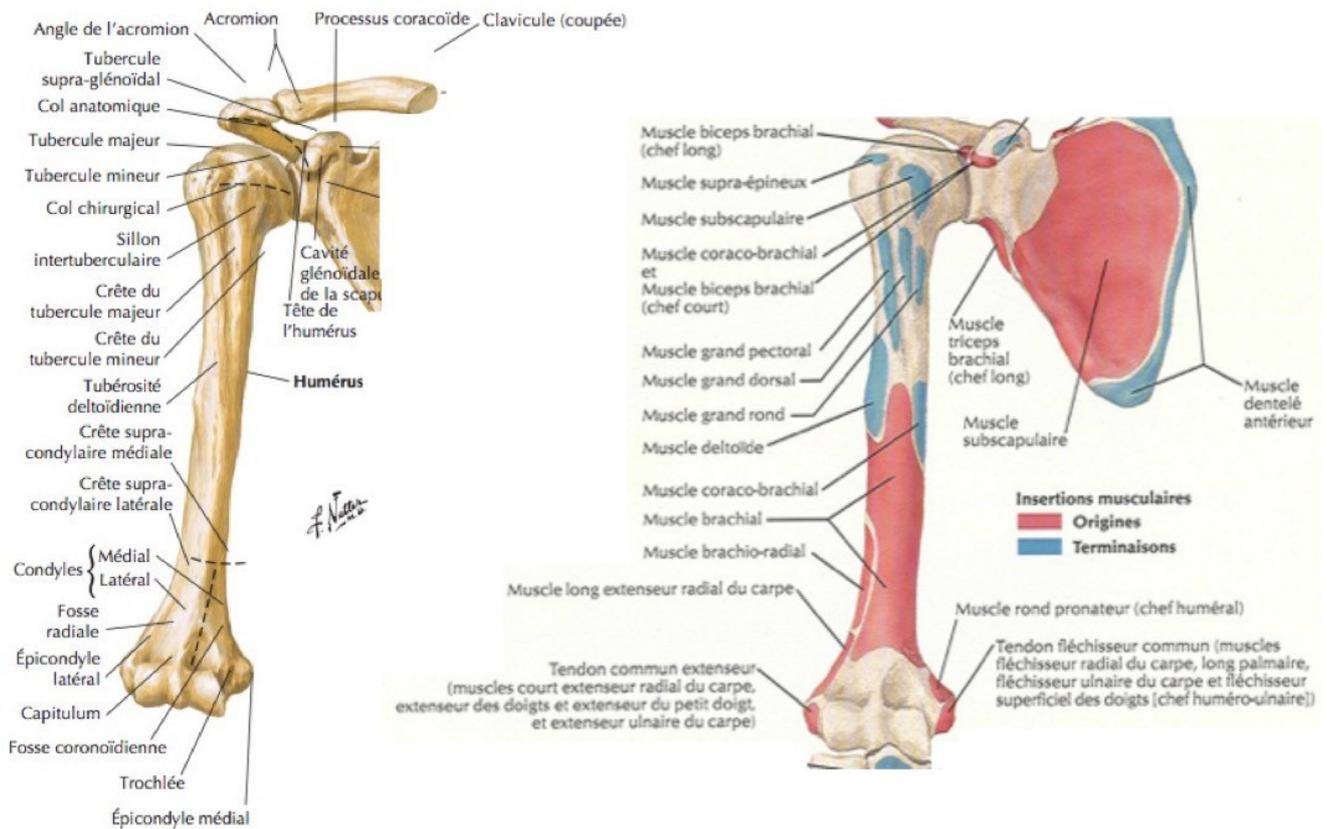


Figure 5 : Schémas représentant la face antérieure de l'humérus et ses insertions musculaires,

d'après l'« Atlas d'anatomie humaine ; Netter, Section VI Membre supérieur, Planche 392».

C. Face postérieure

La partie moyenne de la face postérieure de l'humérus est creusée par le sillon du nerf radial, oblique en bas et latéralement, zone de passage du nerf radial et des vaisseaux brachiaux profonds au contact de l'os.

Le chef latéral du triceps s'insère au-dessus de ce sillon alors que son chef médial s'insère en-dessous.

Sur l'ensemble de la diaphyse humérale, la face postérieure est la plus régulière.

Elle est arrondie en proximal et s'aplanie en distalité comme le montre ces coupes transversales sériées.

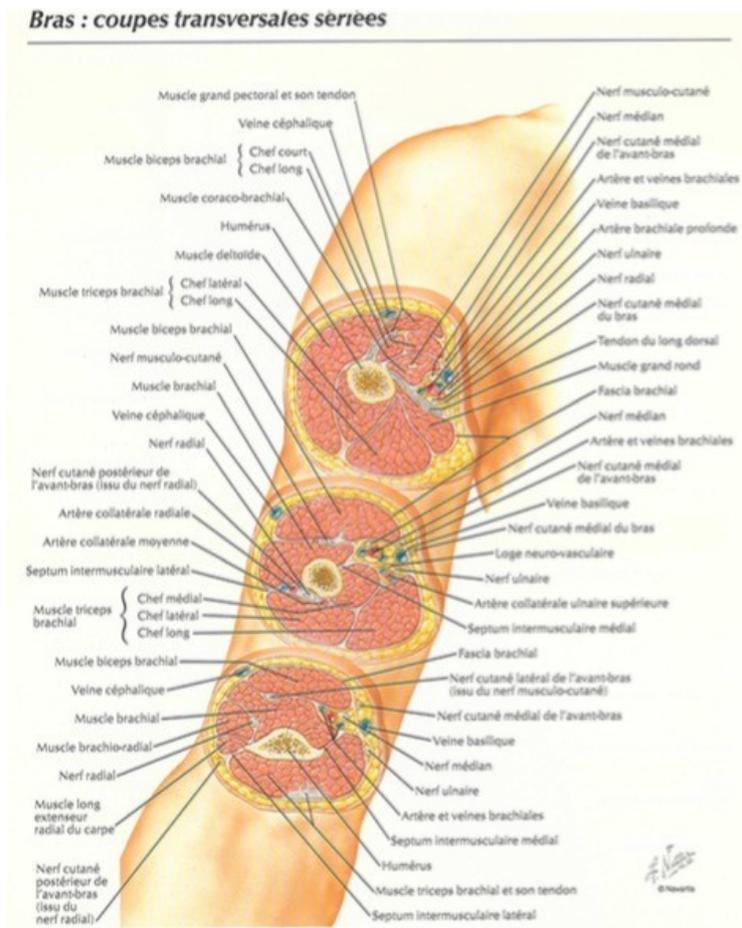


Figure 6 :

Coupes transversales d'humérus : proximale, moyenne et distale, d'après l' « Atlas d'anatomie humaine ; Netter, Section VI Membre supérieur, Planche 406».

La face postérieure paraît donc naturellement et mécaniquement plus adaptée à l'application d'une plaque sans nécessité de la retravailler préalablement comme le rappellent Müller et al. dans leur manuel d'ostéosynthèse (AO techniques)(25).



Figure 7 :

Photographie montrant le parfait positionnement d'une plaque sur la diaphyse postérieure de l'humérus,

Laboratoire d'Anatomie de Poitiers.

2.3 Épiphyse distale

L'épiphyse distale est séparée de la diaphyse par la métaphyse distale, délimitant le début de l'évasement osseux de la palette humérale.

Elle est constituée du condyle huméral et des épicondyles médial et latéral.

Elle est aplatie d'avant en arrière et recourbée vers l'avant de 30 à 45°.

Schatzker et Tile rappellent que la voie postérieure permet un placement plus distal de la plaque et des vis d'ostéosynthèses au niveau de l'humérus avec la possibilité d'adjoindre une plaque supplémentaire au besoin. (26)

A. Condyle huméral

Le condyle huméral est constitué latéralement par le capitulum et médialement par la trochlée qui font articulation avec l'extrémité proximale des deux os de l'avant-bras, respectivement le radius et l'ulna.

La trochlée est surmontée à sa face antérieure par la fossette coronoïdienne et à sa face postérieure par la fossette olécranienne, véritables zones de faiblesse de l'épiphyse.

B. Épicondyle médial

Proéminent, sa face antérieure permet l'insertion du ligament collatéral ulnaire du coude et des muscles fléchisseurs et pronateurs de l'avant-bras.

Sa face postérieure, elle, est marquée par un sillon vertical, lieu de passage du nerf ulnaire.

C. Épicondyle latéral

L'épicondyle latéral fait suite à la crête supracondyloire latérale.

Ses faces antérieure et latérale sont la zone d'insertion du ligament collatéral radial du coude et des muscles extenseurs et supinateurs de l'avant-bras.

C'est au niveau de sa face postérieure que se fixe le muscle anconé.

3. Plan sous-cutané et aponévrose

Le plan sous-cutané est situé entre les téguments et l'aponévrose brachiale superficielle et regroupe les éléments vasculo-nerveux superficiels.

A. Plan sous-cutané antérieur (*Figure 8 A.*)

Le plan sous-cutané de la face antérieure du bras comprend :

- la veine céphalique (*Fig. 8A.2*), qui remonte à partir de la gouttière bicipitale latérale, le long du bord latéral du muscle biceps jusqu'au sillon delto-pectoral.
- la veine basilique (*Fig. 8A.14*), qui chemine dans la gouttière bicipitale médiale. Au niveau de la partie moyenne du bras, elle perfore l'aponévrose superficielle pour se jeter dans la veine humérale. Elle est accompagnée par le nerf brachial cutané interne (*Fig. 8A.12*), également nommé nerf cutané médial du bras.
- le rameau cutané externe du nerf radial (*Fig. 8A.3*), provenant de la face postérieure du bras et descendant en dehors de la veine céphalique.
- la branche antérieure sensitive du nerf musculo-cutané en latéralité (*Fig. 8A.4*).

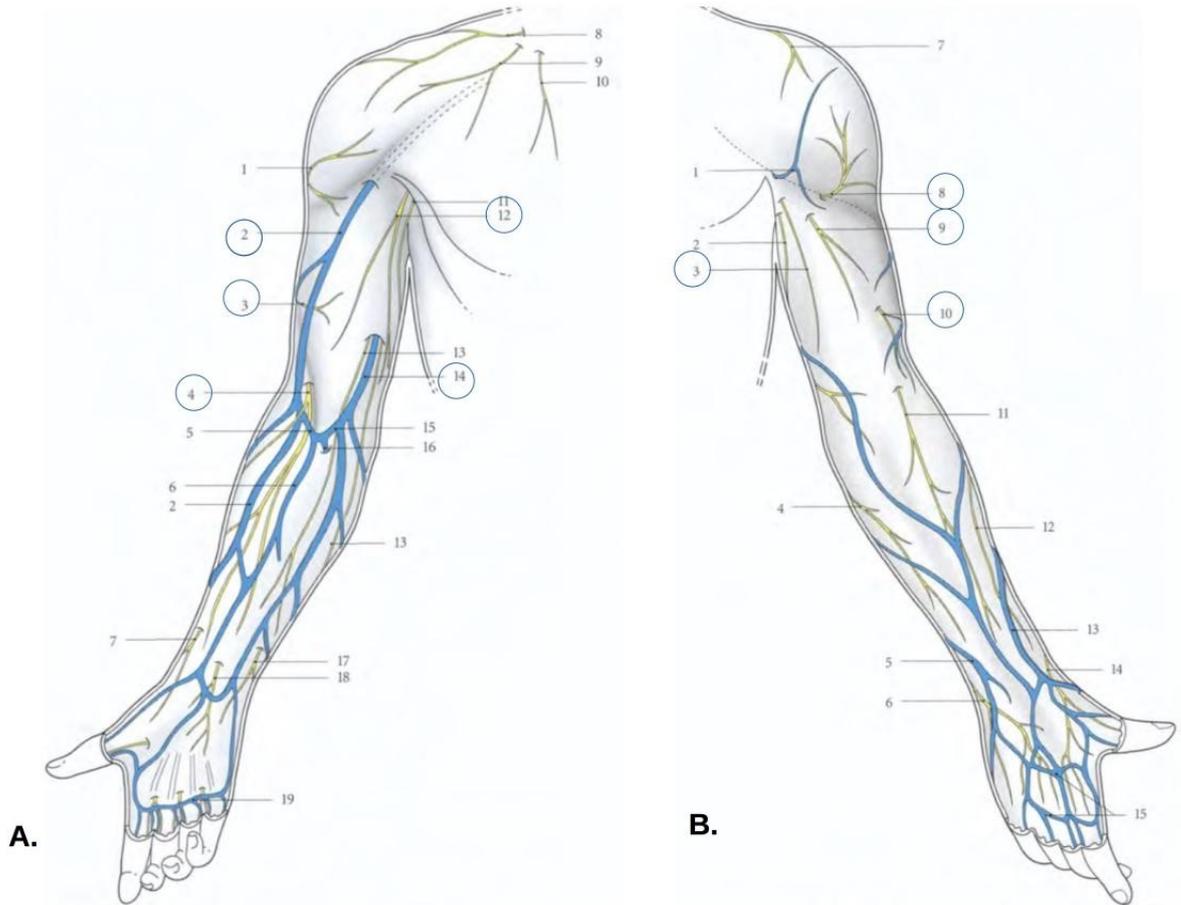


Figure 8 : Schémas des plans sous-cutanés antérieur (A.) et postérieur (B.) du bras ;
 « Anatomie clinique ; Kamina, Tome 1, Section 3 Membre supérieur, p.285-286 »

B. Plan sous-cutané postérieur (Figure 8 B.)

Le plan sous-cutané de la face postérieure du bras comprend quant à lui, de proximal en distal :

- le rameau cutané de l'épaule, correspondant au nerf cutané latéral supérieur du bras (Figure 8 B.8), branche superficielle provenant du nerf circonflexe.
- le rameau cutané interne du nerf radial ou nerf cutané médial du bras (Figure 8 B.3).
- le rameau cutané postérieur du nerf radial (Figure 8 B.9)
- et le rameau cutané externe du nerf radial ou nerf cutané latéral inférieur du bras (Figure 8 B.10).

C. L'aponévrose brachiale superficielle

L'aponévrose brachiale superficielle enveloppe l'ensemble du bras.

Elle donne, par sa face profonde, de chaque côté, les cloisons intermusculaires latérale et médiale qui s'insèrent chacune sur le bord huméral correspondant et délimitent les loges antérieure et postérieure du bras.

4. Myologie

Les muscles venant s'insérer sur l'humérus sont ceux de la coiffe des rotateurs (muscles subscapulaire, supra-épineux et infra-épineux, petit rond) ainsi que les muscles deltoïde, grand pectoral et grand rond.

Les muscles originaires de l'humérus sont quant à eux, les muscles brachial, triceps et brachioradial (*Figure 6*).

Auxquels s'ajoutent les muscles fléchisseurs distaux naissants sur l'épicondyle médial composés du rond pronateur, du fléchisseur radial du carpe, du long palmaire, du fléchisseur superficiel des doigts et du fléchisseur ulnaire du carpe.

Ainsi que les muscles extenseurs distaux trouvant leur origine sur l'épicondyle latéral : l'anconé, les long et court extenseurs radiaux du carpe, l'extenseur propre du V et l'extenseur ulnaire du carpe.

Cependant les muscles composant le bras, « à proprement parlé », sont répartis entre la loge antérieure et la loge postérieure délimitées par les septums intermusculaires provenant de l'aponévrose brachiale superficielle.

3.1 Loge antérieure du bras

La loge musculaire antérieure du bras est divisée en 2 plans distincts : superficiel et profond.

A. Plan superficiel

Ce plan comprend uniquement le muscle biceps brachial.

Il s'agit d'un muscle bi-articulaire, s'étendant de la scapula au radius et composé de 2 chefs :

- la courte portion : elle naît en haut de l'apophyse coracoïde par un tendon commun avec le muscle coraco-brachial.

- et la longue portion : qui naît du tubercule sus-glénoidien et parcourt la gouttière bicipitale, recouverte par le ligament huméral transverse.

En distalité les deux chefs se réunissent en un seul corps musculaire qui se termine par un tendon puissant sur la face postérieure de la tubérosité bicipitale du radius.

A partir du bord médial de ce tendon s'étend l'expansion aponévrotique du biceps (lacertus fibrosus).

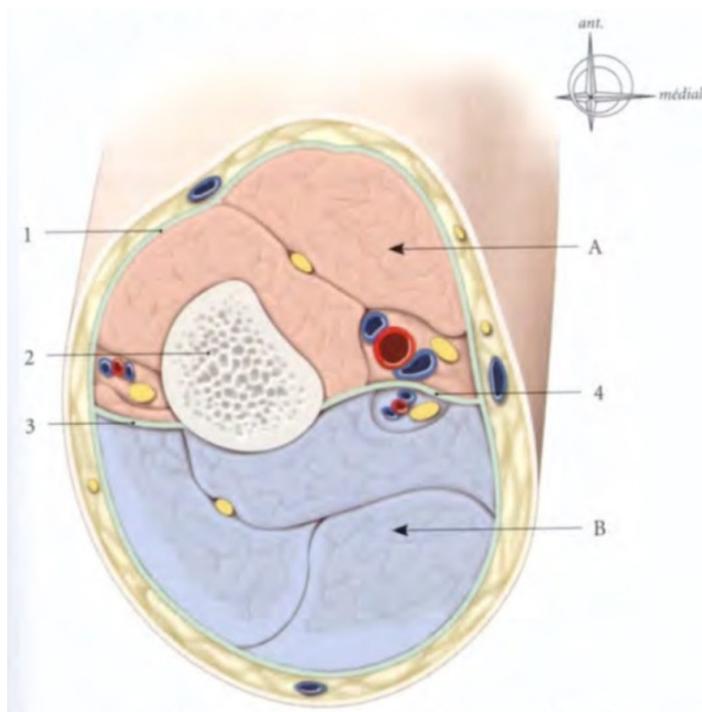


Figure 9 : Schéma représentant les loges du bras ;
« Anatomie clinique ; Kamina, Tome 1, Section 3, Membre supérieur, p.219 »

A. Loge antérieure
B. Loge postérieure

1. Fascia brachial
2. Humérus
3. Septum latéral
4. Septum médial

B. Plan profond

Le plan profond est constitué de 2 muscles :

- le muscle coraco-brachial : c'est un muscle mono-articulaire provenant du tendon commun avec le chef court du biceps à la partie médiale de l'apophyse coracoïde et prenant fin sur la partie moyenne de la face antéro-médiale de l'humérus. Il est innervé par le nerf musculocutané qui le perfore (issu du faisceau latéral du plexus brachial, racines C5-C6).

- le muscle brachial antérieur : mono-articulaire, large et puissant, il s'insère sur la moitié inférieure des faces médiale et latérale de l'humérus et se termine sur le tubercule brachial de l'ulna.

3.2 Loge postérieure du bras

La loge postérieure du bras contient le muscle triceps brachial, bi-articulaire par sa longue portion et mono-articulaire par ses vastes. Il est composé de 3 corps :

- le chef long : s'insérant sur le tubercule sous-glénoïdien de la scapula.
- le vaste latéral : s'insérant sur la face postérieure de l'humérus, au-dessus de la gouttière du nerf radial et sur la cloison intermusculaire latérale.
- et le vaste médial : plus profond, accessible en disséquant les 2 autres chefs tricipitaux. Il naît sur la face postérieure de l'humérus, au-dessous et en dedans de la gouttière du nerf radial, et sur le septum intermusculaire médiale.

Les trois chefs fusionnent pour constituer le corps du muscle triceps qui se prolonge par un tendon unique s'insérant à la face supérieure et aux bords latéraux de l'olécrane en respectant la partie de cette apophyse correspondant au bec.

4. Topographie

4.1 Vascularisation

A. Artère humérale (ou brachiale)

L'artère humérale est la principale artère nourricière du bras. Elle fait suite à l'artère axillaire au niveau du bord inférieur du muscle grand pectoral à la face proximale et médiale de l'humérus.

Elle descend ensuite médialement vers l'avant de manière rectiligne, traverse le sillon bicipital et s'incline latéralement jusqu'à la partie proximale du coude, où elle se divise en artères radiale et ulnaire à environ 3 cm sous le pli du coude.

Durant la majorité de son trajet elle reste accolée médialement au muscle biceps brachial.

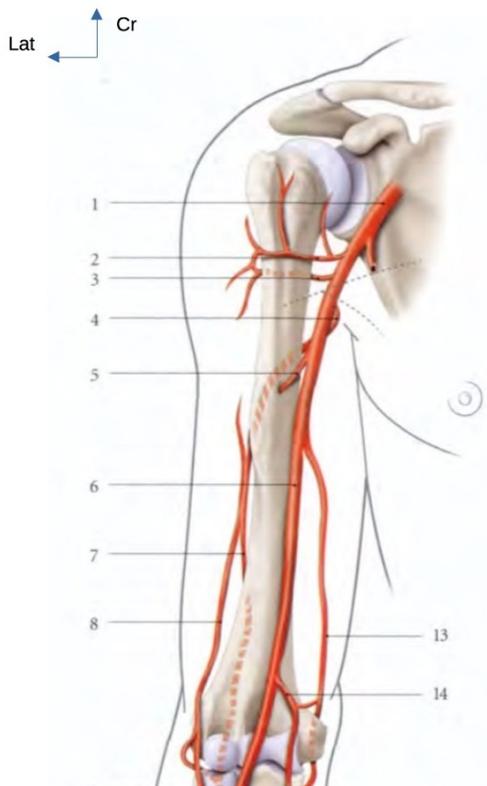


Figure 11 : Représentation de la vascularisation artérielle du bras droit ;
« Anatomie clinique ; Kamina, Tome 1, Section 3 Membre supérieur, p.267 »

1. Art. Axillaire
2. Art. Circonflexe antérieure
3. Art. Circonflexe postérieure
4. Art. Brachiale profonde
5. Art. Nourricière humérale
6. Art. Brachiale
7. Art. Collatérale moyenne
8. Art. Collatérale radiale

Ses branches collatérales sont les suivantes :

- l'artère deltoïdienne, qui naît en dessous du muscle grand pectoral et chemine ensuite sous le muscle coraco-brachial avant de rejoindre le muscle deltoïde.

- l'artère nourricière de l'humérus, qui pénètre l'humérus à proximité de la terminaison du muscle coraco-brachiale.

- l'artère brachiale profonde, la plus importante des collatérales. Elle prend rapidement naissance après l'origine de l'artère brachiale pour s'engager ensuite dans l'espace axillaire inférieur en accompagnant le nerf radial et descendre obliquement et latéralement au contact de celui-ci.

Elle finit par se diviser en artères collatérale radiale et collatérale moyenne près du bord latéral de l'humérus.

- l'artère collatérale ulnaire inférieure. Elle commence 3 à 4 cm au-dessus du pli du coude et se divise au-dessus de l'épicondyle médial en rameaux antérieur et postérieur qui vont s'anastomoser avec les rameaux homonymes de l'artère récurrente ulnaire.

Dans leur étude, Xue et al. ont mis en évidence que les principales artères vascularisant l'humérus étaient soit antéro-médiales (83 % des cas) soit médiales. (27)

De plus, elles ne donnent pas de collatérale avant de pénétrer la corticale.

Ceci confirme les résultats de Kizilkanata et al. qui insistent sur le fait que dans 69 % des cas il n'y avait qu'un foramen nourricier, situé sur la face antéro-médiale de l'humérus.(28)

Un abord postérieur de la diaphyse humérale est donc moins délétère pour la vascularisation osseuse d'origine extra-médullaire.

B. Veines brachiales latérale et médiale

Les veines brachiales latérale et médiale naissent au pli du coude par réunion des veines ulnaires et radiales. Elles longent alors l'artère brachiale puis s'unissent en une veine axillaire au bord inférieur du muscle grand pectoral.

La veine brachiale médiale draine la veine basilique par la veine médiane du coude.

La veine axillaire longe le bord médial de l'artère homonyme dont elle est séparée par le faisceau médial du plexus brachial et le nerf ulnaire.

4.2 Innervation

A. Nerf circonflexe (29)

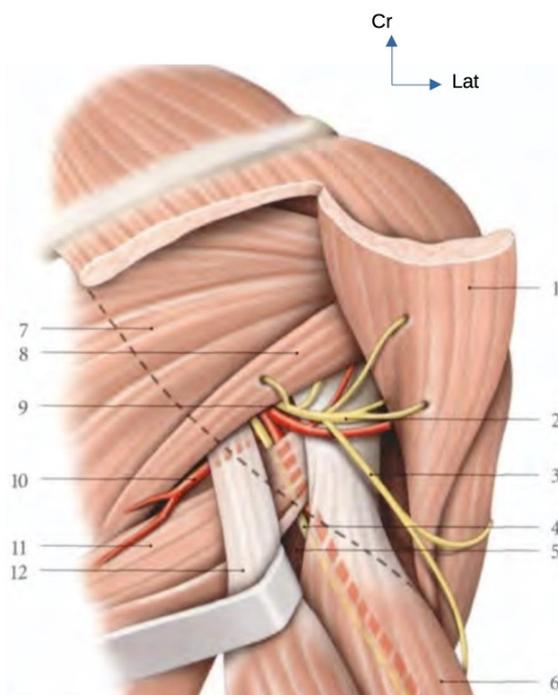


Figure 12 : Schéma représentant le nerf circonflexe dans l'espace axillaire postérieur droit ;
« Anatomie clinique ; Kamina, Tome 1, Section 3 Membre supérieur, p.321 »

1. Muscle deltoïde récliné
2. Nerf circonflexe (ou axillaire)
3. Nerf cutané latéral sup. du bras
4. Nerf radial
5. Espace axillaire inférieur
6. Muscle triceps (chef latéral)
7. Muscle infra-épineux
8. M. petit rond
9. Espace axillaire latéral
10. Art. Scapulaire inférieure
11. Muscle grand rond
12. Muscle triceps récliné (chef long)

Le nerf axillaire (ou nerf circonflexe) est un nerf mixte qui naît dans le creux axillaire derrière le muscle petit pectoral.

Il provient de la bifurcation du tronc postérieur du plexus brachial à partir des racines C5 et C6.

Il se porte ensuite dans un plan horizontal, en dehors et en arrière, au contact des faces postérieure et externe du col chirurgical de l'humérus, pour prendre fin dans le muscle deltoïde.

Il traverse la face postérieure de l'humérus proximal à environ 50 mm du sommet de la grosse tubérosité.

B. Nerf radial (19,29–31)

Le nerf radial est un nerf mixte qui provient de la corde postérieure du plexus brachial.

Il chemine le long du muscle sub-scapulaire pour rejoindre l'artère brachiale profonde.

Il traverse ensuite la ligne médiane postérieure de l'humérus obliquement de proximal en distal et de médial en latéral, dans un espace triangulaire entre le chef long du triceps et la diaphyse, au contact direct de l'os dans le sillon radial.

En sortant de sa gouttière il contourne le bord latéral de l'humérus entre le muscle brachial en haut et le muscle brachio-radial en bas, rejoignant ainsi le sillon bicipital latéral à la face antérieure.

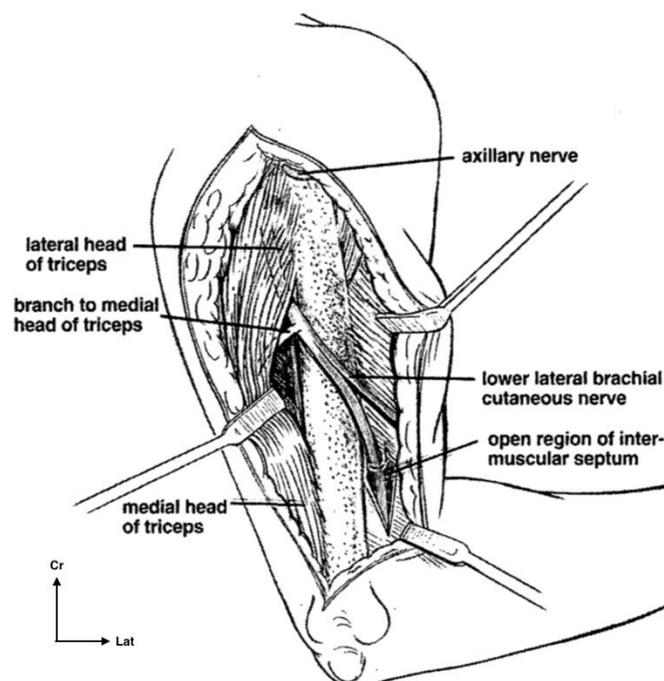


Figure 13 : Dessin représentant le trajet brachial du nerf radial ; Gerwin et al. (31)

A cet endroit, il pénètre le septum intermusculaire latéral à la jonction 1/3 moyen – 1/3 distal de la diaphyse humérale soit à environ 8 cm (\pm 2 cm) de l'épicondyle latéral (31).

Cette perforation aponévrotique constitue un point de fixité, expliquant sa paralysie lorsqu'il est lésé par déplacement important du fragment osseux distal comme décrit dans la fracture de Holstein-Lewis où le nerf radial peut être étiré ou piégé entre les fragments d'une fracture du 1/3 distal de l'humérus (36).

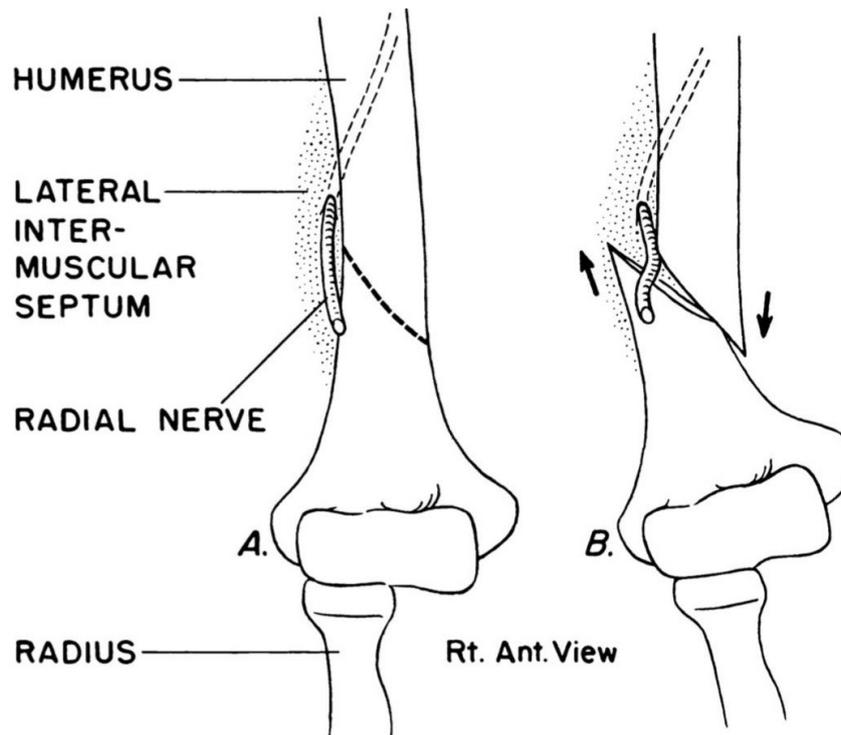


Figure 14 : Dessin extrait de l'article de Holstein et al représentant les relations entre le nerf radial et la diaphyse humérale (36).

A : fracture non déplacée ; B : fracture déplacée, le nerf est maintenu au contact de la diaphyse par le septum intermusculaire, piégé entre les 2 fragments ;

Ceci est corroboré par une étude menée sur le registre de santé suédois qui retrouvait 7,5 % de fracture de Holstein-Lewis dans la population avec 22 % de lésion associée du nerf radial. (33).

Le nerf radial poursuit donc son trajet en position antéro-latérale à compter du tiers distal de l'humérus.

Sa paralysie est facilement décelable à l'examen clinique, représentée par le tableau de la main tombante soit : l'anesthésie de la première commissure, la paralysie de la flexion dorsale du poignet et des articulations métacarpo-phalangiennes ainsi que de l'extension-abduction de toute la colonne du pouce.

C. Nerf médian(1)

Le nerf médian provient des racines C5 à T1 après ramification des faisceaux latéral et médial du plexus brachial.

Il entre dans le membre supérieur par l'aisselle à la partie inférieure du muscle grand rond puis chemine inféro-latéralement à l'artère brachiale entre les muscles biceps brachial et brachial.

Au niveau de la fosse antécubitale, le nerf médian évolue médialement à l'artère brachiale et prodigue un rameau artriculaire pour le coude, mais il n'innervé pas les muscles proximaux à celui-ci.

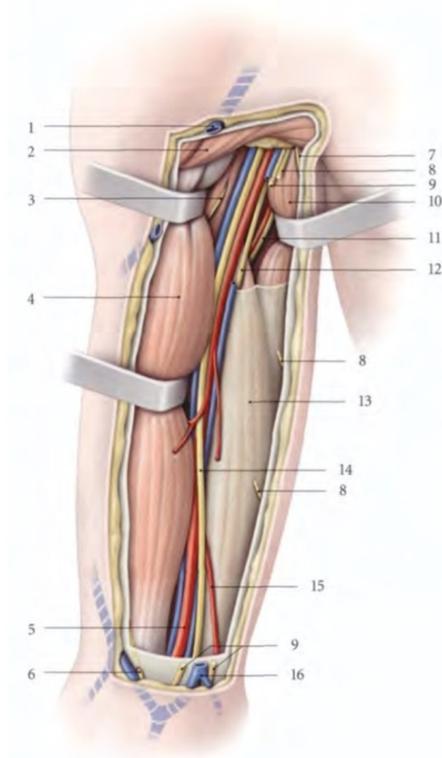


Figure 15 : Schéma représentant le « paquet » vasculo-nerveux antérieur du bras ;
« Anatomie clinique ; Kamina, Tome 1, Section 3
Membre supérieur, p.303»

1. Veine céphalique
2. Muscle grand pectoral
3. Nerf musculo-cutané et muscle coraco-brachial
4. Muscle biceps brachial
5. Art. et V. brachiales
6. Nerf cutané latéral de l'avant bras
7. Nerf intercosto-brachial accessoire
8. Nerf cutané médial du bras
9. Nerf cutané médial de l'avant bras
10. Muscle triceps (chef long)
11. Nerf radial
12. Nerf ulnaire
13. Septum intermusculaire médial
14. Nerf médian
15. Art. Collatérale ulnaire inférieure
16. V. médiane basilique

D. Nerf ulnaire

Le nerf ulnaire est un nerf mixte originaire des racines C8 et T1 qui font partie du faisceau médial du plexus brachial.

Comme le nerf médian, il descend le long du bras, mais postéro-médialement à l'artère brachiale.

Puis il pénètre la loge postérieure du bras au niveau de l'insertion du muscle coraco-brachial, à travers le septum intermusculaire médial.

Il est accompagné par les vaisseaux collatéraux ulnaires supérieurs.

Il poursuit ensuite son trajet sur la face postéro-médiale de l'humérus pour atteindre le tunnel cubital au niveau de l'épicondyle médial.

Tout comme le nerf médian, le nerf ulnaire ne donne pas d'innervation aux muscles situés avant le coude.

5. Anatomie radiologique

L'anatomie radiologique révèle les principaux repères osseux de l'humérus.

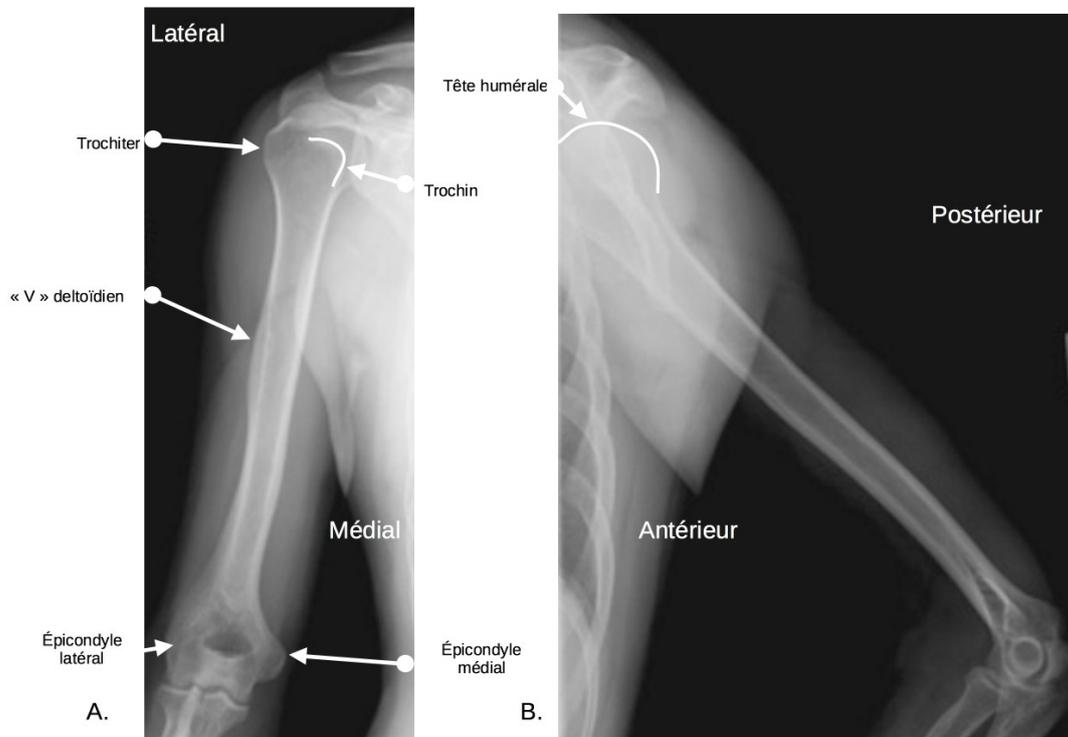


Figure 16 : Radiographies d'un humérus droit de face (A.) et gauche de profil (B.)

6. Classification des fractures de

l'humérus

La classification la plus utilisée pour décrire les fractures de la diaphyse humérale est celle de l'AO/OTA (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen/Orthopaedic Trauma Association) (25,34,35).

Cette classification exclue les épiphyses proximale et distale et répartie les fractures selon leur complexité : trait simple (type A), avec présence d'un troisième fragment (type B), ou complexes (type C).

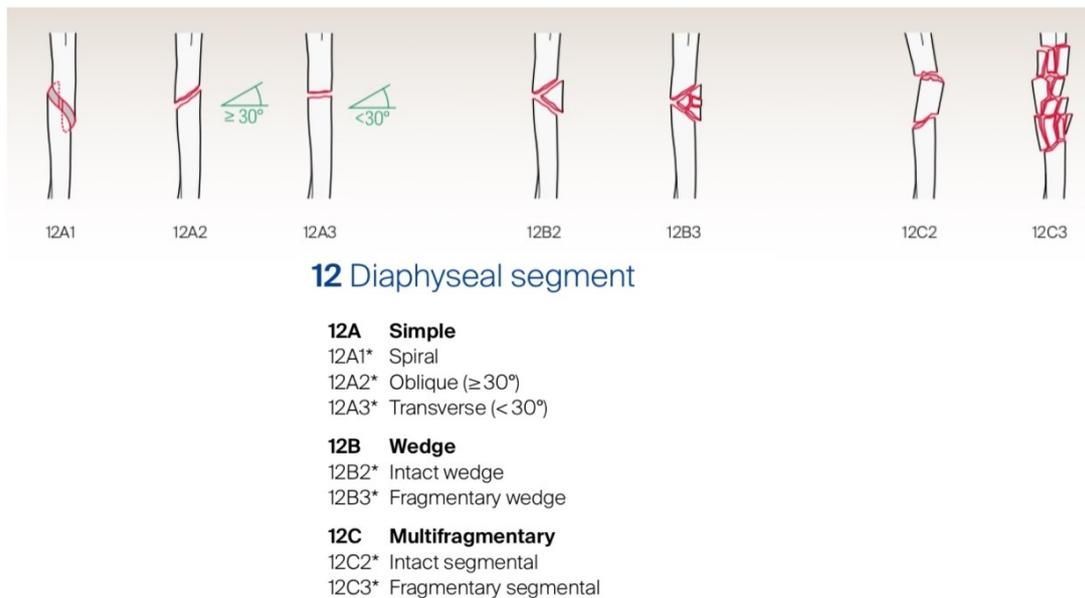
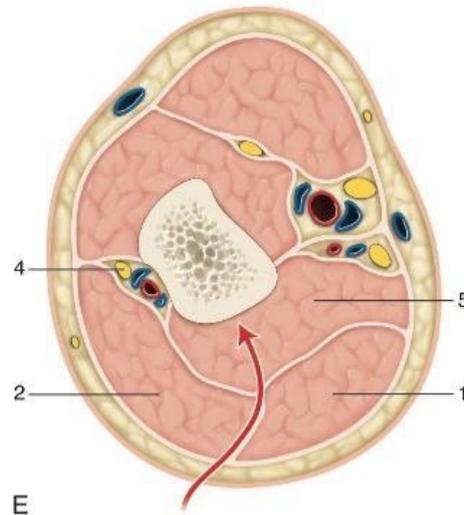


Figure 17 : Schéma représentant la Classification selon l'AO des fractures de la diaphyse humérale

7. Anatomie chirurgicale

Dans la voie d'abord postérieure trans-tricipitale il n'y a pas de plan inter-nerveux.



Suite.

C. Exposition du chef médial du triceps. D. Exposition de la face postérieure de l'humérus. E. Coupe passant par le tiers moyen du bras. 1. Chef long du triceps. 2. Chef latéral du triceps. 3. Artère brachiale profonde. 4. Nerf radial. 5. Chef médial du triceps. 6. Diaphyse humérale.

Figure 18 : Schéma représentant le trajet utilisé par la voie d'abord postérieure trans-tricipitale.

Le principal obstacle de cette voie reste donc le nerf radial qui traverse la ligne médiane de l'humérus obliquement de proximal en distal et de médial en latéral au niveau du tiers moyen de la diaphyse.

Différents travaux (36–38) ont déjà mis en évidence un moyen de repérage anatomique fiable du nerf radial, car non osseux et donc non modifiable par une quelconque fracture : c'est le sommet de l'aponévrose tricipitale.

L'aponévrose tricipitale représente la convergence des chefs long et latéral du muscle triceps formant une interface entre le fascia superficiel et les fibres musculaires du chef médial du triceps qui recouvrent l'humérus en profondeur.

Son aspect blanc nacré et brillant la rend facilement identifiable.

Elle se dirige obliquement en proximal, en formant 2 apex distinctes : une première proximale et médiale, et une seconde plus distale et latérale.

Selon les études, la distance entre l'apex de l'aponévrose médiale et le nerf radial au niveau de la corticale postérieure de l'humérus est de $2,6 \pm 0,3$ cm (37,38).

Le nerf radial pénètre ensuite le septum intermusculaire latéral à la jonction 1/3 moyen – 1/3 distal de la diaphyse humérale où il est beaucoup moins mobile et donc moins enclin à être mobilisé ou mis sur lacs.

L'utilisation de ce repère anatomique permet, de façon significative, un repérage plus rapide du nerf radial et une réduction du saignement per opératoire (38).

3) Principes opératoires

1. Installation :

L'installation se fait en salle d'opération, principalement sous anesthésie générale, ou sous anesthésie loco-régionale selon la coopération du patient.

Après antibioprofylaxie systématique, conformément aux recommandations concernant la prévention des infections du site opératoire, et sans mise en place de garrot.

Le patient est installé en décubitus latéral, avec le bras lésé sur un appui, de manière à avoir le coude fléchi à 90°. L'humérus est parallèle au sol et l'avant-bras dans le vide en position neutre de pronosupination.

Cette position permet une bonne exposition de la face postérieure du bras ainsi qu'une réduction automatique de la fracture par l'action de la gravité sur l'avant-bras.

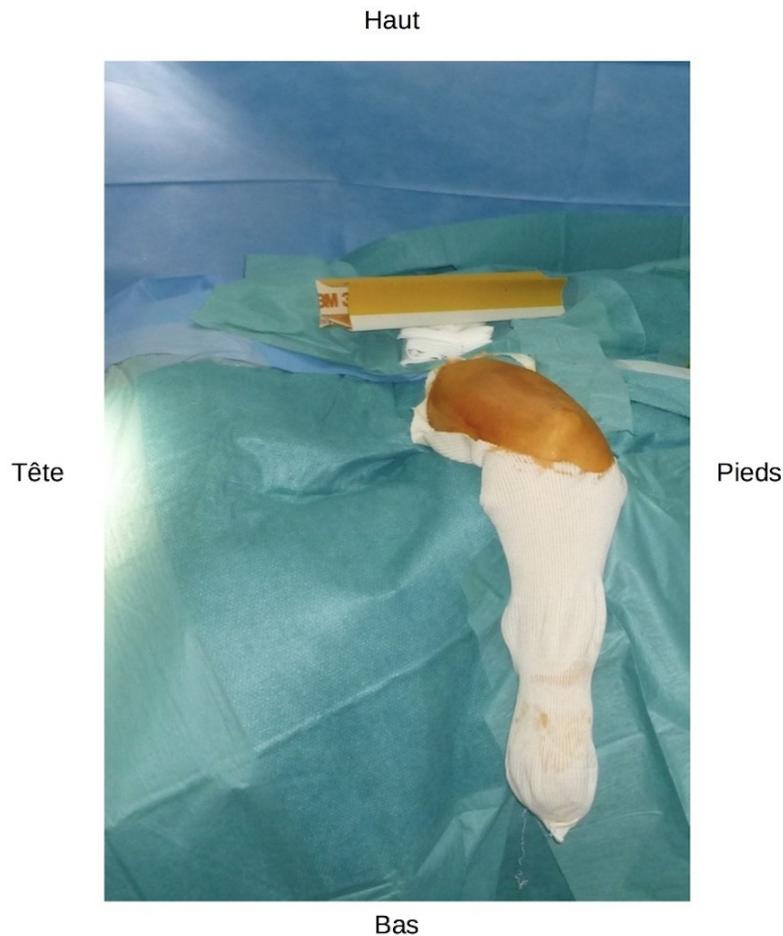


Figure 19 : Photographie d'un patient avec l'installation utilisée, en décubitus latéral.

2. Abord cutané

Les différents reliefs sont repérés par la palpation, à savoir les reliefs osseux que sont l'acromion en région proximale, et les épicondyles et l'olécrane en distalité.

L'incision cutanée est réalisée sur la ligne médiane aux épicondyles, centrée sur le foyer de fracture, le long de la diaphyse humérale postérieure.



Figure 20 : Photographie des repères de la voie d'abord postérieure de l'humérus.

3. Dissection et Repérage du nerf radial

On incise ensuite le tissu sous cutané afin d'exposer le fascia profond.

A ce niveau, on repère l'apex de l'aponévrose médiale : on peut alors marquer l'intervalle situé entre 2 et 3 cm proximale à l'apex.

Puis, on incise l'aponévrose brachiale avant de séparer les fibres musculaires jusqu'au nerf radial à l'aide des ciseaux à disséquer, d'écarteurs mousses ou au doigt.



Figure 21 : Photographie de l'apex proximal de l'aponévrose médiale du triceps brachial.

On arrive ainsi directement sur le nerf radial qui est facilement isolé ou positionné sur lacs avec les vaisseaux qui l'accompagnent.

L'état macroscopique du nerf pourra être évalué et renseigné dans le compte rendu. Une suture directe peut être réalisée si celui-ci est sectionné.

La face postérieure de l'humérus n'est plus recouverte que par le chef médial du muscle triceps qui est ouvert verticalement jusqu'à l'olécrane si besoin, offrant un jour complet sur plus des deux tiers de la diaphyse humérale (76 % selon l'étude de Gerwin)(31,39).

Si le foyer de fracture est plus proximal le chef postérieur du muscle deltoïde peut être récliné.

4. Réduction et ostéosynthèse (25,40)

La réduction du foyer de fracture se fait spontanément sous l'effet de la gravité, avant-bras pendant.

L'alignement des différents fragments peut être maintenu à l'aide d'un davier ou par le biais d'une vis en compression pour simplifier la fracture et permettre la mise en place d'une plaque de neutralisation.

La plaque est centrée sur le foyer de fracture, contre la corticale postérieure de la diaphyse humérale (Plaque LCP - DePuy Synthes, West Chester, PA, U.S.A.).

Si nécessaire elle peut être glissée sous le nerf en proximal et/ou se prolonger sur l'un des piliers en distalité. (41)



Figure 22 : Photographie de la mise en place d'une plaque « glissée » sous le nerf radial, au contact de la diaphyse humérale postérieure.

Le montage que nous utilisons classiquement est de type « verrouillé » avec un implant large et épais, de longueur suffisante pour être fixée par 6 vis (3 de part et d'autre de la fracture) en laissant un écart suffisant entre les vis et le foyer ainsi qu'entre les vis elles-mêmes.

L'AO rappelle certains principes qui permettent d'éviter des erreurs techniques.(25)

Par exemple lors du méchage, il faut respecter l'angulation donnée par le constructeur et ce en s'aidant des canons de visée/guide-mèche fourni pour éviter un défaut de verrouillage.

Nous procédons ensuite à un rinçage du site opératoire au sérum physiologique avant de refermer l'aponévrose et le tissu sous-cutané par des fils résorbables et la peau par des agrafes.

Un drainage peut être mis en place cependant il n'est pas systématique.

5. Protocole post-opératoire

Après l'opération le patient est immobilisé dans une écharpe ou un coude au corps antalgique.

La rééducation passive par mouvements pendulaires est débutée dès J1 dans la majorité des cas.

La rééducation active se fera dès la sédation des douleurs obtenue, en contre-indiquant les mouvements de force ou contre résistance.

Les soins locaux sont effectués par une infirmière tous les deux jours jusqu'à cicatrisation complète avec ablation des fils/agraves au quinzième jour.

4) Méthode

1. Type d'étude

Afin de faire le point sur notre technique tout en restant dans nos objectifs nous avons décidé de réaliser une étude rétrospective mono-centrique sur le Centre Hospitalier de Niort (Service d'orthopédie A, centre de traumatologie de Niveau II).

Nous avons recherché dans la base de données électroniques locale toutes les fractures de la diaphyse humérale opérées par le service d'orthopédie A du CH de Niort, afin de récupérer les données nous intéressant.

Un engagement de conformité aux règles des études de type MR004 a été réalisé auprès du Health Data Hub.

2. Population

Une étude rétrospective a été menée sur tous les patients ayant présenté une fracture de la diaphyse humérale et ayant bénéficié d'une prise en charge chirurgicale entre janvier 2021 et septembre 2023, cette époque correspondant aux débuts de l'utilisation de cette technique opératoire dans notre service.

2.1 Critères d'inclusion

Le critère d'inclusion était unique et correspondait à la présence d'une fracture de la diaphyse humérale avec prise en charge chirurgicale.

2.2 Critères d'exclusion

Les critères d'exclusions étaient les suivants : la réalisation d'une ostéosynthèse autre que par plaque/vis, l'utilisation d'une voie d'abord autre que la voie d'abord postérieure trans-tricipitale, un suivi de moins de 6 mois, les fractures pathologiques.

Les patients étaient aussi exclus si des données concernant l'examen clinique pré-opératoire et/ou post-opératoire concernant la fonction du nerf radial du membre supérieur lésé étaient manquantes.

3. Technique chirurgicale

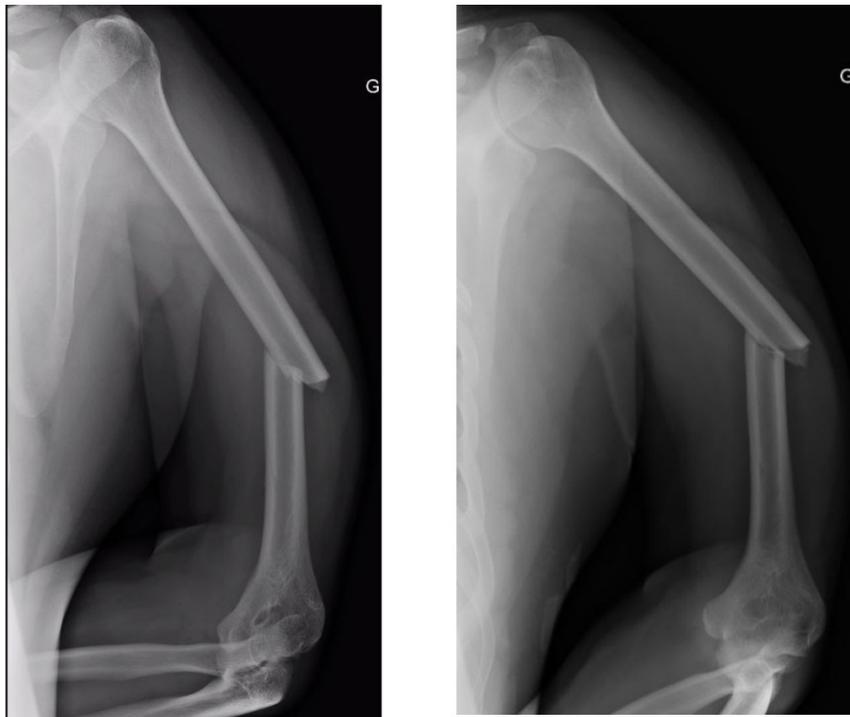


Figure 23 : Clichés radiographiques d'une fracture de la diaphyse humérale

Chaque patient a bénéficié d'une prise en charge à l'aide de la technique préalablement décrite.

Pour rappel, l'utilisation d'une voie d'abord postérieure, centrée sur le foyer de fracture, par un abord trans-tricipital, avec repérage, évaluation et sécurisation du nerf radial.

Puis une ostéosynthèse par plaque et vis verrouillées était réalisée.

Les mobilisations précoces étaient autorisées dès la sédation des douleurs.



Figure 24 : Clichés radiographiques d'une fracture de la diaphyse humérale ostéosynthésée

4. Objectifs

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer la consolidation osseuse, le taux de complications et de reprises chirurgicales, et si possible la fonction du membre opéré, dans cette cohorte de patients ayant bénéficié d'une prise en charge chirurgicale par abord postérieur trans-tricipital de leur fracture de la diaphyse humérale.

Nous avons collecté les informations concernant les patients inclus et relu les radiographies (clichés de face et de profil) pour définir les caractéristiques de la population ainsi que les lésions associées chez ces patients.

Toutes les fractures furent classées selon la classification de l'AO/OTA (25,34,35).

La consolidation osseuse était définie selon deux critères que sont un cal osseux radiographique visible sur au moins 3 corticales sur 2 incidences, ainsi que par l'absence de douleur lors de l'examen physique/palpation ou lors du port de charge.

La pseudarthrose était définie comme une consolidation osseuse non acquise 6 mois après le traumatisme initial.

L'évaluation clinique (42), lorsque celle-ci a pu être relevée, comprenait :

- une évaluation objective par la mesure des mobilités de l'épaule et du coude opérés à l'aide d'un goniomètre.

La gêne fonctionnelle était évaluée par l'utilisation du questionnaire « Quick-DASH » (Quick Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) proposant des résultats allant de 0 (excellent) à 100 (mauvais)(43).

La fonction isolée de l'épaule était évaluée à l'aide du score de l'« UCLA scoring system » (44) avec des résultats classés de 0 (mauvais) à 35 (excellent).

La fonction isolée du coude était évaluée au moyen du « MEPI » (Mayo Elbow Performance Index) (45) avec des résultats classés de 0 (mauvais) à 100 points (excellent).

- une évaluation subjective par la mesure de la douleur grâce à l'échelle visuelle analogique (VAS) cotée de 0 (aucune douleur) à 10 (douleur insoutenable).

Le retentissement sur la qualité de vie était mesuré à l'aide d'un auto-questionnaire rempli par le patient, le score Short Form-36 (SF-36) (46).

La gêne cicatricielle était évaluée par une question à réponse ouverte : « Etes-vous gêné par la cicatrice ? Si oui, pourquoi ? ».

A chaque fois que cela fut possible, les données furent comparées au côté non opéré.

5. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de l'outil Medistica. pvalue.io (47).

Les effectifs comparés étant faibles, un test non paramétrique a été réalisé (test de Paired Mann-Whitney).

5) Résultats

Au total, entre septembre 2013 et janvier 2021, 30 patients ont été opérés dans le service de chirurgie orthopédique A du centre hospitalier de Niort d'une fracture de la diaphyse humérale, dont 27 par ostéosynthèse par plaque/vis grâce à une voie d'abord postérieure trans-tricipitale, par 4 chirurgiens orthopédiques distincts, formés à cet abord.

21 patients ont bénéficié d'un suivi supérieur à 6 mois, dont 11 femmes (= 52,4%) et 10 hommes (= 47,6%) avec un âge moyen lors de l'opération de 49,9 ans (18 ans - 94 ans), parmi lesquels 10 patients ont pu bénéficier d'une évaluation clinique détaillée lors du suivi.

Nous avons exclu 9 patients de l'étude : 6 perdus de vue (suivi inférieur à 6 mois) et 3 patients ayant bénéficié d'une ostéosynthèse par un autre moyen, à savoir un patient mineur pris en charge par embrochage centro-médullaire élastique stable et 2 patients opérés par embrochage fasciculé (Hackethal).

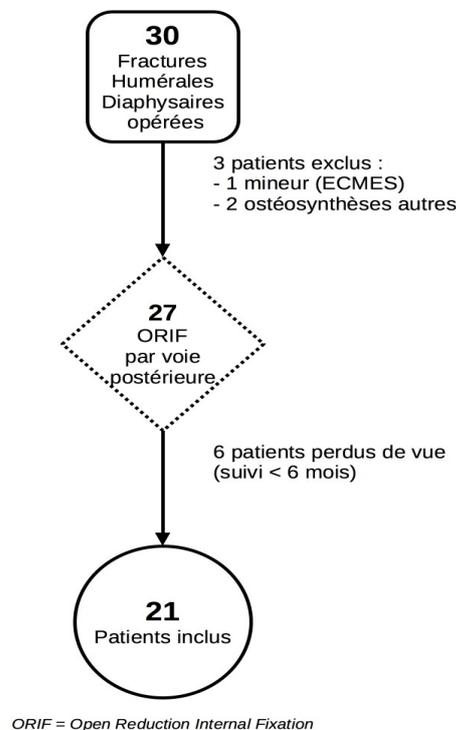


Figure 25 : Diagramme de flux (FlowChart)

Concernant les étiologies des fractures, nous retrouvions parmi les 21 patients inclus : 13 fractures liées à une chute de faible hauteur (61,9%), 3 fractures liées à une chute d'une hauteur plus élevée (> ou = à 2m), 3 fractures secondaires à des mécanismes en torsion lors d'activités sportives (bras de fer, arts martiaux), 1 fracture dans les suites d'un accident de la voie publique et 1 fracture survenue après un traumatisme direct lors d'une agression.

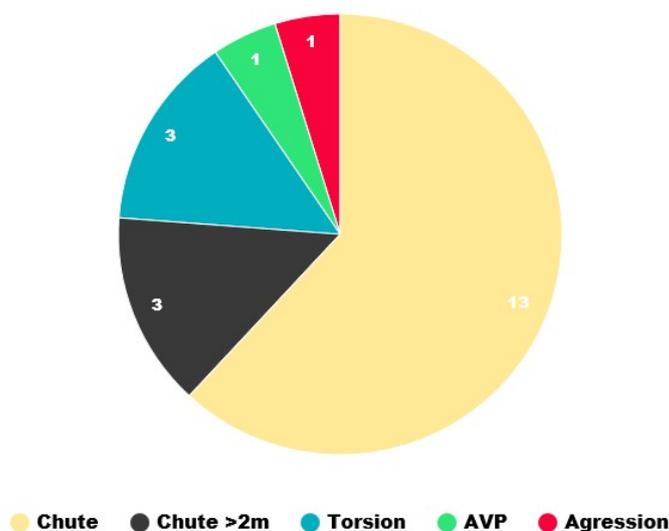


Figure 26 : Organigramme représentant les étiologies des fractures dans la cohorte

L'humérus droit était fracturé dans 28,6 % (6 patients), et le membre supérieur lésé était le membre dominant dans 47,6 % (10 patients sur 21).

La cohorte ne comprenait aucune fracture ouverte ainsi qu'aucune lésion vasculaire associée.

2 patients présentaient une lésion primitive du nerf radial soit 9,5 % de la population incluse.

La relecture des radiographies nous a permis de distinguer 8 fractures de type 12A1, 4 de types 12A2, 4 de type 12B2, 1 de type 12B3, 2 de type 12C2.

Nous avons également inclus 2 fractures diaphyso-métaphysaires distales non articulaires classées 13A2 selon l'AO/OTA.

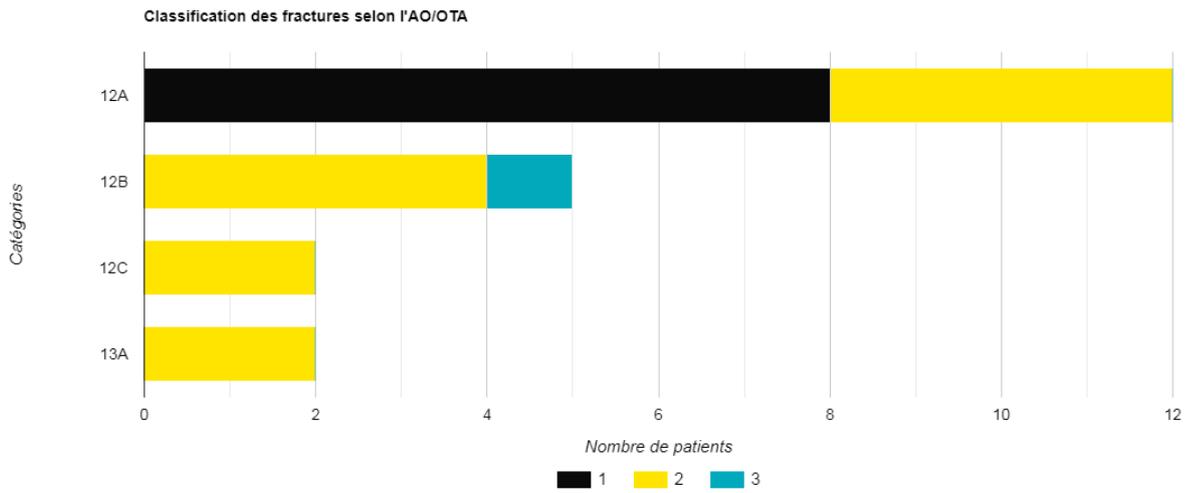


Figure 27 : Diagramme représentant la répartition des fractures de notre étude suivant la classification de l'AO/OTA

En per-opératoire, le nerf radial était intact chez 19 patients, et apparaissait contus mais continu chez les 2 patients ayant présenté une paralysie primitive.

Ces atteintes primitives du nerf radial ont été résolutive en moins de 6 semaines.

Table 1 : Patients characteristics

Patient	Age	Gender	Injured side	Dominant side	Smoker	BMI	AO/OTA	Mechanism of injurie	PRNP	Associated injuries
1	20	M	L	R	No	-	12.A1	Torsion	No	-
2	54	F	L	R	No	31,2	12.A1	Fall	Yes	-
3	81	F	L	L	No	30,6	12.B3	Fall	No	-
4	49	M	L	R	Yes	-	12.A1	Fall	No	-
5	78	F	R	R	No	30,5	12.A1	Fall	No	Femoral neck fracture
6	82	F	L	R	No	19,2	13.A2	Fall	No	Vertebral fracture
7	18	M	L	L	No	-	12.B2	Fall >2m	No	-
8	56	F	L	R	No	28,6	12.A1	Fall	No	-
9	88	F	L	L	No	-	12.A1	Fall	No	-
10	66	F	R	R	No	19,9	12.A1	Fall	No	-
11	94	F	L	R	No	23,0	13.A2	Fall	No	-
12	45	F	L	R	No	-	12.C2	Fall	No	-
13	36	F	R	R	Yes	-	12.A2	Car accident	Yes	-
14	63	M	L	R	No	22,0	12.A1	Fall	No	Homolateral wrist fracture
15	38	M	L	R	No	-	12.A2	Fall >3m	No	-
16	19	M	R	R	No	21,4	12.C2	Torsion	No	-
17	32	M	L	R	Yes	29,3	12.A2	Fall	No	-
18	48	M	L	L	Yes	20,6	12.B2	Fall	No	-
19	28	M	R	R	No	22,2	12.B2	Aggression	No	-
20	32	M	L	L	Yes	24,0	12.A2	Torsion	No	-
21	21	F	R	L	No	21,8	12.B2	Fall >2m	No	-

AO/OTA: Arbeitsgemeinschaft fur Osteosynthesefragen/Orthopaedic Trauma Association classification; PRNP: Primitive Radial Nerve Palsy; BMI: Body Mass Index ;

Figure 28 : Tableau représentant les caractéristiques des patients de notre cohorte

En post-opératoire, il a été relevé 1 cas de lésion secondaire du nerf radial (4,8 %).

Cette lésion a récupéré en 3 mois, sans nouvelle intervention, avec exercices de rééducation et de kinésithérapie.

19 patients ont consolidé sans complication avec un temps moyen de consolidation radiographique de 15,7 semaines (8,8 – 26,4 semaines).

Nous avons noté 1 cas de consolidation retardée (pseudarthrose radiologique) survenu chez une patiente atteinte d'une ostéoporose évoluée et ayant présenté un «démontage»

(mobilisation d'une vis distale avec une probable hyper-mobilité du foyer pouvant expliquer le temps de consolidation). La consolidation a tout de même pu être acquise au bout de 26,4 semaines sans reprise chirurgicale.

1 patient a présenté une infection du site opératoire (4,8%) nécessitant une reprise chirurgicale pour dépose du matériel avec décision de poursuivre la prise en charge par un traitement orthopédique.

C'est la seule ablation de matériel réalisée.

Dans cette série nous n'avons retrouvé aucun cas d'algoneurodystrophie. Ce point avait été souligné par Bèzes et al.(48), en rapport avec l'absence d'immobilisation post-opératoire et avec une ostéosynthèse rétablissant presque immédiatement la fonction du membre supérieur lésé.

Table 2 : Surgical Results

Patient	TBTS (days)	SRNP	SRNP Time to recovery	Time to union (weeks)	Complications
1	1	No		9,1	
2	1	No		13,1	
3	1	No		22,4	
4	1	No		14	
5	2	No		23	Recurrent fall (perthrochanteric fracture)
6	1	No		13,2	
7	1	No		9,6	
8	1	No		19	
9	0	No		26,4	Implant failure (1 screw)
10	1	No		13,2	
11	1	No		17,6	Delayed wound healing
12	1	Yes	3 months	20,3	
13	1	No		8,8	
14	5	No		20	
15	0	No		13,2	
16	1	No		12,6	
17	1	No		12,4	
18	0	No		11,3	Surgical site infection
19	1	No		13,2	
20	1	No		13,4	
21	1	No		23,6	

TBTS : Time Between Trauma and Surgery; SRNP: Secondary Radial Nerve Palsy;

Figure 29 : Tableau représentant les résultats post opératoires de notre étude

D'un point de vue clinique, 10 patients ont bénéficié d'un examen clinique détaillé lors de leur suivi.

Les patients ne présentaient aucune douleur (EVA moyenne à 0 sur 10). Un patient présentait un inconfort cicatriciel au toucher, sans dysesthésie ni hypoesthésie, et sans gêne du matériel.

Les patients conservaient une élévation antérieure moyenne à 160,5° soit 97,3 % du côté non opéré (165° en moyenne) sans différence significative ($p = 0,79$).

Le score de l'UCLA moyen était de 32,1 avec 6 résultats excellents, 3 bons et 1 mauvais (vs 34,3 côté non opéré, pas de différence significative avec $p = 0,34$).

Au niveau du coude, les patients présentaient des résultats de flexion – extension moyens mesurés à 140,5° et 0,5° respectivement. Ces résultats étaient similaires au côté non opéré (140,5° / 0,5°) soit une absence de différence significative (p = 1,0).

La pronation était légèrement diminuée à 82° en moyenne contre 82,5° côté sain. Tandis que la supination était améliorée avec 85,5° en moyenne contre 83,5° du côté non opéré (pas de différence significative avec p = 1,0 pour ces 2 variables).

Le score de MEPS coté opéré était en moyenne de 94 points (85 à 100 pts) avec 6 résultats excellents et 4 bons (pas de résultat moyen ou médiocre), alors qu’il était de 99,5 points sur le membre non opéré (95 à 100).

Le Quick-DASH moyen était de 20,06 versus 8,18 du côté sain avec cette fois ci une différence significative entre le côté opéré et le côté sain (p = 0,034).

Et le suivi moyen de ces patients était de 37,3 mois.

Table 2 : Clinical Results

Patient	VAS	SRNP	SRNP Time to recovery	What about the scar ?	Shoulder		Elbow				Quick- DASH	Follow -up (mont hs)	
					Injured side / controlateral side	Injured side / controlateral side	Elevation	UCLA	Flexion	Extension			Pronation
1	0	No	-	No	180/180	35/35	140/145	0/0	90/90	90/90	100/100	15,91/0	6,0
2	0	No	-	No	110/80	33/30	150/135	-5/-10	40/40	60/40	100/95	31,82/36,36	41,6
3	0	No	-	No	80/150	15/35	140/140	-5/-5	80/90	90/90	85/100	70,45/13,64	14,9
4	0	No	-	No	170/170	32/35	130/140	0/0	90/85	90/90	100/100	15,91/15,91	63,5
5	0	No	-	No	180/180	35/35	145/145	10/10	90/90	90/90	100/100	0/0	86,1
6	0	No	-	No	170/170	35/35	140/135	5/5	80/80	90/90	100/100	13,64/13,64	11,4
7	0	No	-	No	180/180	34/35	140/140	0/5	80/80	85/85	85/100	9,09/0	86,8
8	0	No	-	No	180/180	34/35	140/140	0/0	90/90	85/85	85/100	9,09/2,27	6,1
9	0	Yes	3 months	No pain but a dis- comfort	175/180	33/33	140/140	0/0	90/90	85/85	85/100	18,8/0	50,8
10	0	No	-	No	180/180	35/35	140/145	0/0	90/90	90/90	100/100	15,91/0	6,0

VAS: Visual Analgic Scale; SRNP: Secondary Radial Nerve Palsy; Quick DASH: Quick Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand; MEPS: Mayo Elbow Performance Score.

Figure 30 : Tableau représentant les résultats cliniques post-opératoires des patients

Concernant les résultats du score SF36 :

En comparaison avec la population générale américaine (49) ces patients présentaient un fonctionnement physique diminué ainsi que des limitations du rôle liées à la santé physique (respectivement à 79,5 % contre 84,52 % et 67,7 % contre 81,20 % dans la population générale) mais la santé générale, la vitalité [énergie/fatigue], le fonctionnement ou bien-être social, les limitations du rôle liées à la santé mentale étaient conservés.

Table : Details of the SF-36 outcomes

Patients	PF	RP	RE	VT	MH	SF	BP	GH
1	95	75	100	60	84	100	67,5	70
2	60	25	100	75	80	50	100	50
3	50	50	33,3	50	56	50	45	75
4	65	100	100	65	80	87,5	77,5	70
5	100	100	100	80	96	100	100	85
6	55	50	100	60	60	87,5	22,5	45
7	95	100	100	75	88	87,5	90	80
8	95	100	100	75	64	100	100	85
9	85	0	100	60	52	75	77,5	65
10	95	75	100	60	80	87,5	77,5	70
Mean score	79,5	67,5	93,33	66	74	82,5	75,75	69,5
General population	84,2	81,0	81,3	60,9	74,7	83,3	75,2	72,0

PF : physical function ; RP : role physical ; RE : role emotional ; VT : vitality ; MH : Mental health ; SF : social function ; BP : bodily pain ; GH : general health . All scores are out of 100.

Figure 31 : Tableau représentant les résultats du score SF-36 dans notre cohorte

Parmi nos 21 patients opérés, 13 l'ont été par le même chirurgien. Ceci nous a permis d'établir une courbe d'apprentissage à partir des différents temps opératoires (de l'incision à la fermeture complète).

Le temps opératoire moyen était de 74,3 minutes (max : 94 / min : 38).

La régression linéaire nous permet de mettre en évidence une diminution d'environ 3,63 minutes par opération.

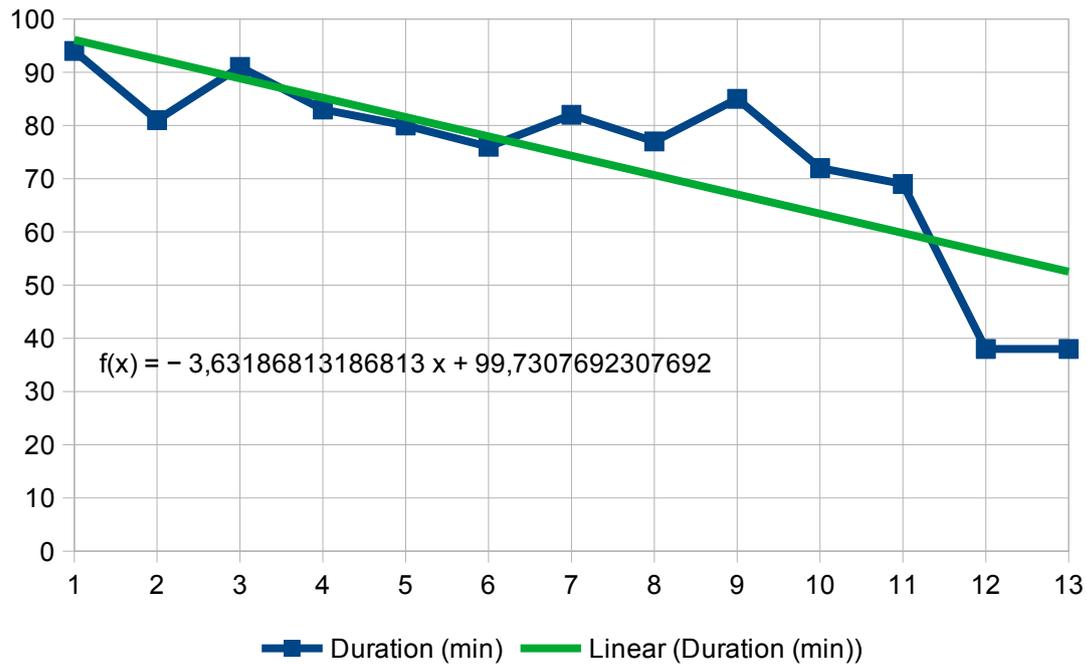


Figure 32 : Graphique représentant la courbe d'apprentissage de notre technique opératoire.

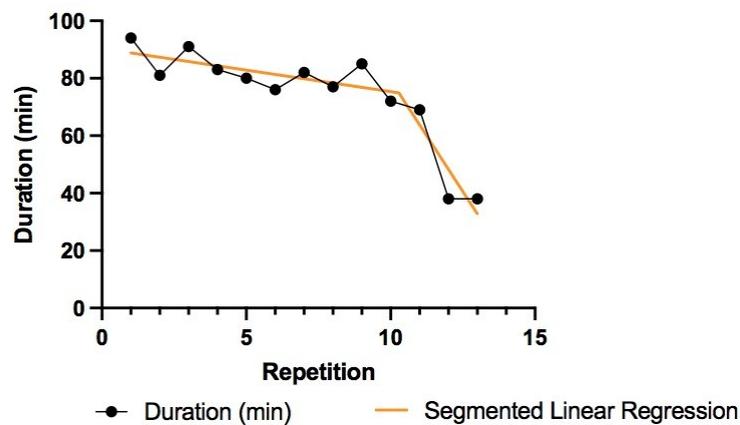


Figure 33 : Graphique représentant la courbe d'apprentissage de notre technique ainsi que l'analyse en régression linéaire segmentée des temps opératoires.

La régression linéaire segmentée des temps opératoires ne met pas encore en évidence un effet plateau, nous pouvons donc encore espérer une diminution des futurs temps opératoires.

6) Discussion

Le but de cette étude était de faire le point sur notre pratique en évaluant une série de patients ayant présenté une fracture de la diaphyse humérale traitée par ostéosynthèse par plaque/vis au moyen d'une voie d'abord postérieure trans-tricipitale après repérage du nerf radial, en insistant sur l'effet de cette technique sur le taux de consolidation, de lésions radiales et de complications post-opératoires.

En effet, il existe peu d'études détaillant réellement l'approche chirurgicale ; que ce soit la voie d'abord ou la technique de repérage du nerf radial utilisée, si repérage il y a eu.

Il en est de même pour les examens cliniques : ils sont rarement complets, bilatéraux, et avec comparaison au membre supérieur sain.

L'évaluation de la qualité de vie des patients ou de leur ressenti, même si elle est de plus en plus mise en avant, est encore trop souvent absente.

A travers cette cohorte nous retrouvons bien une distribution bimodale, avec majoritairement des fractures survenant chez une population âgée suite à des chutes de faible hauteur (61,9%) ainsi que des patients jeunes avec des traumatismes de plus haute cinétique (AVP, traumatismes sportifs...).

Le taux de lésions primitives du nerf radial était de 9,5 %, ce qui concorde avec les études similaires (5,6,50).

Nous avons eu 1 cas de lésion radiale iatrogène (soit 4,8% de la série), avec une récupération complète à 3 mois.

Notre cohorte étant de petite taille nos résultats sont à analyser avec précaution mais malgré cela nos taux de lésions radiales restent inférieurs à ceux retrouvés par Schwab et al. dans leur études sur les lésions du nerf radial dans les fractures de la diaphyse humérale avec fixation interne (19 % de lésions dont 13 % primitives et 6 % secondaires)(4).

Il paraît important de souligner le fait que les lésions secondaires du nerf radial ne sont pas l'apanage de la voie d'abord postérieure mais des fractures de l'humérus au sens large.

En effet ces lésions peuvent survenir quelque soit la voie d'abord utilisée et/ou la méthode d'ostéosynthèse choisie.

On retrouve ainsi des lésions radiales lors de voie antérieure mais également d'autres lésions nerveuses telle que des lésions du nerf musculo-cutané qui pénètre le 1/3 supérieur du muscle brachial et innerve la partie médiale du bras (51–53).

De plus les études récentes ne mettent pas en évidence de différence significative concernant le taux de récupération global entre les lésions primitives et secondaires du nerf radial (4,54,55). Cela signifie qu'une fois le nerf repéré, si celui-ci est continu, il n'y a pas d'indication à une nouvelle intervention chez les patients présentant un déficit secondaire car son taux de récupération est proche de celui d'une lésion primitive du nerf radial.

L'évaluation de l'état macroscopique du nerf radial est préconisée par de nombreuses études (38,39,52,56) Ainsi, même en utilisant des techniques mini invasives, l'équipe de Zhao et al. (14) réalisent une contre-incision en regard du nerf afin de pouvoir l'examiner.

L'étude de Streufert et al.(6) ne montrait pas de différence significative du taux de lésions radiales secondaires entre les voies d'abord antéro-latérale, trans-tricipitale et para-tricipitale. Cependant dans leur étude le nerf radial n'était repéré que dans 69 % des cas et sans détailler les résultats en fonction de la méthode de repérage et/ou la voie d'abord utilisée. Li et al (57) retrouvaient des résultats similaires dans leur étude sur les voies postérieure et antéro-latérale.

Dans cette étude, le temps de consolidation moyen était de 15,7 semaines (8,8 – 26,4 semaines) avec un taux de consolidation moyen de 95,2 % à 6 mois (20 patients sur 21) : nous avons un cas de consolidation retardée à 26,4 semaines mais aucune pseudarthrose n'est à noter après ce délai.

Ce délai de consolidation peut paraître élevé même s'il reste dans la moyenne des études (de 11,2 semaines chez Lee et al. (58) à 24 semaines pour Capo et al.(59)) mais nous parlons ici de consolidation radiographique, l'usage fonctionnel du membre lésé étant récupéré très précocement.

Nous avons relevé 1 cas d'infection du site opératoire ayant nécessité une reprise chirurgicale chez un patient où l'indication était discutable. En effet, ce patient présentait de nombreux antécédents dont une intoxication alcoolo-tabagique ainsi qu'un écrasement du membre supérieur lésé avec des séquelles cutanées quasi-circonférentielles sur le membre opéré.

Dans leur étude de 1995 promouvant la fixation interne par plaque dans les fractures de la diaphyse humérale, Bèzes et al. (48) encourageaient déjà l'utilisation d'une voie d'abord postérieure médiane et trans-tricipitale avec mise en place d'une plaque sous le chef médial du triceps. Cependant, ils n'effectuaient pas de repérage du nerf radial et conseillaient de ne pas dépasser les insertions supérieures du vaste interne afin de ne pas léser le nerf radial.

Ils ont pu noter sur leurs 236 ostéosynthèses réalisées : 9 parésies et 5 paralysies radiales soit 6 % de leur cohorte, en soulignant l'importance de prévenir le patient du risque nerveux avant l'intervention.

Dans leur étude on retrouve un nombre non négligeable de reprises chirurgicales avec 90 ré-interventions : 79 effectuées à distance pour ablation du matériel, 2 pour cause septique, 6 pour «démontage» et 3 pour pseudarthrose. Les indications pour ablation de matériel étaient parfois discutables car ils retrouvaient tout de même 67 % de patients « très contents » et 29 % de patients « contents ». Dans l'étude que nous avons réalisé, nous ne retrouvons pas de reprise chirurgicale pour pseudarthrose, «démontage» ou ablation de matériel.

L'abord postérieur de l'humérus peut aussi s'effectuer selon une voie para-tricipitale (31,60) qui permet d'accéder à l'humérus en réclinant le chef médial du triceps cependant, cette technique entraîne plus de contraintes sur le nerf radial qui est fixé au niveau du septum intermusculaire latéral.

2 principales études s'intéressent à la comparaison entre les voies d'abord trans-tricipitale et para-tricipitale.

Tout d'abord, l'étude de Remia et al. (61), menée uniquement sur des adolescents présentant des fractures articulaires de l'extrémité distale de l'humérus, ne retrouvait pas de différence significative concernant les mobilités articulaires du coude opéré et l'évaluation de la force du triceps.

Tandis que celle menée par Illical et al. (62) comprenait 39 patients après exclusion : 23 abordés par voie para-tricipitale et 16 par voie trans-tricipitale. Pour ces 2 groupes il n'y avait pas de technique de repérage du nerf radial mais le nerf était évalué et libéré systématiquement lors de l'abord para-tricipital. L'analyse des résultats retrouvait une différence significative en faveur de la voie para-tricipitale concernant les mobilités du coude en flexion avec $143 \pm 7^\circ$ contre $130 \pm 12^\circ$ ($p=0,03$) et d'extension avec $6 \pm 8^\circ$ contre $23 \pm 4^\circ$ ($p<0,0001$) ainsi que pour la force du triceps en comparaison au côté non opéré avec $88,9 \pm 28,3 \%$ comparé à $49,4 \pm 17,0 \%$ ($p=0,007$).

Mais sans impact fonctionnel chez ces patients car les scores de DASH ne présentaient pas de différence significative.

Dans une étude plus récente réalisée par l'équipe de Lotzien et al. (63) comparant les ostéosynthèses par plaque par voie d'abord antérieure et postérieure (abord trans-tricipital avec repérage du nerf radial au niveau du septum intermusculaire latéral, zone de fixité du nerf), sur 58 patients inclus (33 par voie antérieure, 25 par voie postérieure) il a été mis en évidence 1 cas de pseudarthrose avec l'abord antérieur contre 100 % de consolidation par voie postérieure.

Ils ne notaient pas de différence significative concernant le temps opératoire.

Et il existait 4 patients présentant une lésion du nerf radial secondaire : 1 par voie antérieure (3,57%) et 3 par voie postérieure (16,67%) mais sans différence statistique significative.

Ayant utilisé une voie d'abord postérieure similaire mais une méthode de repérage du nerf radial différente, nous pouvons supposer que ceci est dû à la technique de repérage, le septum intermusculaire latéral étant une zone de fixité du nerf radial, il nous semble moins aisément manipulable à ce niveau.

Si l'on s'intéresse maintenant à la différence entre les ostéosynthèses de la diaphyse humérale par plaque/vis à foyer ouvert et celles réalisées au moyen d'un enclouage centro-médullaire (ECM ou IMN) antérograde, la méta-analyse de Liu et al. (64) ne comporte que des études randomisées (10 études) avec un total de 459 patients (231 patients dans le groupe ORIF et 228 dans le groupe IMN).

Cette méta-analyse n'a pas mis en évidence de différence significative en terme de pseudarthrose (RR = 1,12 , IC95% = 0,61 - 2,08), de risque d'infection post-opératoire (RR = 0,43 , IC95% = 0,18 – 1,06) ou de risque de lésion iatrogène du nerf radial (RR = 0,55, IC95% = 0,26 – 1,17).

Cependant une différence significative est retrouvée pour le taux de consolidation retardée, qui est 2 fois plus important pour les ECM (RR = 2,64 , IC95% = 1,08 – 6,49).

Mais cette méta-analyse fait elle aussi abstraction de la voie d'abord utilisée et ne tient pas compte des résultats cliniques.

Pour cela, il faut se pencher sur l'étude de Ouyang et al. (65) qui inclut 10 études randomisées comparant elles aussi les ostéosynthèses de fractures de la diaphyse humérale par ORIF et par ECM, avec un total de 439 patients (222 patients par ORIF et 217 par ECM).

Cette analyse confirme l'association entre ECM et complications articulaires au niveau de l'épaule avec un risque relatif concernant l'apparition de limitations des mobilités scapulaires calculé à 9,91 (p = 0,006). Le risque relatif de voir apparaître un conflit scapulo-huméral est évalué à 7,38 (p = 0,0003). Là aussi aucune différence significative n'était retrouvée en terme de taux d'infection, de taux de pseudarthrose, de lésion du nerf radial ou de «démontage».

Beeres et al. (66) présentaient les résultats d'une revue systématique et d'une méta-analyse portant sur 9 études (2 essais cliniques randomisés et 7 études observationnelles) comparant les ostéosynthèses des fractures de la diaphyse humérale à foyer ouvert et par technique mini-invasive. Ces études incluaient 461 patients : 240 par ORIF et 221 par MIPO.

Il en ressort une absence de différence significative concernant le temps de consolidation : la moyenne pondérée pour l'ORIF était de 16,3 semaines contre 15,2 pour le groupe MIPO avec

une DM pondérée à -0,7 semaines, IC95% = -2,8 – 1,4 ; I²=25%. De même pour le taux de ré-intervention en excluant les pseudarthroses (moyenne pondérée de 9,4 % pour l'ORIF et de 6,1 % pour les MIPO avec une DR de 2%, IC95% = 0% - 4 %), le risque d'infection (OR pondéré à 0,4, IC95% = 0,1 – 1,5 ; I²=0%), et le temps opératoire avec une durée moyenne pondérée de 113min pour l'ORIF et 104min pour les MIPO (DM pondérée de -13 minutes, IC95%= -39 – 12; I²=95%).

Le risque de pseudarthrose était quant à lui diminué chez les patients traités par MIPO (8,5 % pour l'ORIF et 2 % pour les MIPO soit un OR pondéré à 0,3 ; IC95% = 0.1 – 0.9; I²=0%) ainsi que le risque de lésion secondaire du nerf radial (8,3 % par ORIF et 2,3 % par MIPO soit un OR pondéré à 0,3 ; IC95% = 0.1 – 0.9; I²=0%).

Ces résultats sont assez proches de ceux obtenus dans notre étude que ce soit en terme de temps moyen de consolidation ou de taux de lésions secondaires du nerf radial.

Cependant, nos taux de pseudarthrose et nos durées moyennes opératoires apparaissent inférieurs à ceux retrouvés dans cette méta-analyse.

Pour les analyses portant sur l'évaluation clinique des patients toutes les études n'étaient pas prises en compte mais Beeres et al. ne retrouvaient pas de différence significative entre les 2 techniques, que ce soit concernant la fonction de l'épaule (différence moyenne standardisée = 0,0 , IC95% = -0,3 – 0,3; I²=28%) ou encore celle du coude (différence moyenne standardisée = 0,0 , IC95%= -0.3 – 0.3; I²=0%).

Beeres et al n'ont pu réaliser de méta-analyse sur les scores de qualité de vie ou sur les scores fonctionnels évaluant l'ensemble du membre supérieur car ils étaient trop souvent manquants dans les séries étudiées.

Les techniques de MIPO peuvent donc paraître intéressantes mais leur coût reste élevé et leur courbe d'apprentissage moins avantageuse. De plus cette étude ne tient pas compte des voies d'abord utilisées pour les 2 techniques.

Même si l'effectif de notre étude était faible, lors des évaluations cliniques aucun des patients n'était algique ou gêné par la cicatrice et/ou le matériel.

De plus, on ne retrouvait pas de différence significative entre le bras opéré et celui sain, que ce soit en terme d'amplitudes articulaires au niveau de l'épaule et/ou du coude, ou du score UCLA.

Le score de MEPS présentait 6 résultats excellents et 4 bons (pas de résultat moyen ou médiocre).

Seul le score Quick-Dash montrait une différence significative entre les 2 bras avec tout de même un score moyen à 20,06 contre 8,18 du côté sain.

A notre connaissance, le seul article évaluant la qualité de vie des patients lors d'une voie d'abord postérieure est celui de Mckee et al. (42) cependant leur étude s'intéresse uniquement aux fractures ouvertes du 1/3 distal de la diaphyse humérale. Malgré de meilleurs résultats obtenus dans notre étude, ceux-ci ne sont pas comparables.

Finalement, notre étude présente l'avantage de décrire précisément la technique chirurgicale utilisée ainsi que la méthode de repérage du nerf radial. Les examens cliniques sont complets avec un intérêt particulier pour la fonction et la qualité de vie du patient.

Cependant, elle reste limitée par son caractère rétrospectif et son absence de groupe témoin.

Un autre facteur limitant est la quantité de patients perdus de vue ainsi que le faible nombre d'examens cliniques complets disponibles.

Malgré ces limitations, nous avons un taux de suivi radiologique important et notre étude procure des résultats encourageants pour cette technique avec un fort taux de consolidation et peu de lésions du nerf radial, de complications ou de ré-intervention, surtout au regard du souhait des patients d'obtenir une récupération fonctionnelle rapide.

Dans notre cohorte, les patients ont été pris en charge par quatre chirurgiens différents sans impact sur les résultats ainsi que sur le taux de complications. Nous pouvons supposer que cette technique chirurgicale est fiable et reproductible et que le fait d'avoir différents opérateurs ne représente pas une limitation pour l'étude.

7) Conclusion

Les nombreuses études sur les fractures diaphysaires de l'humérus montrent que les résultats cliniques sont le plus souvent en lien avec la configuration de la fracture et la qualité de l'ostéosynthèse qui doit associer une réduction anatomique et une fixation stable, plus que la voie d'abord utilisée.

La voie d'abord trans-tricipitale avec repérage du nerf radial à l'avantage de permettre une ostéosynthèse aisée des fractures de la diaphyse humérale car elle offre un jour quasi-complet sur la face postérieure de la diaphyse, face la plus à même de recevoir une plaque de part son anatomie, avec une visualisation directe du foyer de fracture tout en protégeant le nerf une fois celui-ci repéré.

L'ostéosynthèse par plaque et vis verrouillées associée à cet abord offre une fixation stable permettant une rééducation rapide avec une bonne récupération fonctionnelle.

Tout en laissant une cicatrice indolore, peu visible par le patient ou son entourage et sans gêne du matériel.

Des résultats très satisfaisants ont été obtenus avec cette technique, en terme de taux de consolidation, de lésion du nerf radial secondaire et autres complications mais aussi d'un point de vue clinique avec des mobilités et une fonction conservées.

Chaque traitement présente des avantages et des inconvénients, de même pour les voies d'abord utilisées et chaque chirurgien a ses préférences et ses habitudes. Mais le patient doit être averti des risques et bénéfices des options qui s'offrent à lui.

C'est pour cela que l'on doit réaliser ce que l'on sait faire et ce que l'on fait souvent :
« primum non nocere... »

Table des tableaux et des figures

<i>Figure 1 : Illustration de la face antérieure du bras</i>	18
<i>Figure 2 : Illustration de la face postérieure du bras</i>	19
<i>Figure 3 : Photographies d'un humérus gauche, Laboratoire d'Anatomie de Poitiers</i>	20
<i>Figure 4 : Dessin représentant une coupe transversale d'humérus droit, vue caudale</i>	21
<i>Figure 5 : Schémas représentant la face antérieure de l'humérus et ses insertions musculaires, d'après l' « Atlas d'anatomie humaine ; Netter, Section VI Membre supérieur, Planche 392».</i>	22
<i>Figure 6 : Coupes transversales d'humérus : proximale, moyenne et distale, d'après l' « Atlas d'anatomie humaine ; Netter, Section VI Membre supérieur, Planche 406».</i>	23
<i>Figure 7 : Photographie montrant le parfait positionnement d'une plaque sur la diaphyse postérieure de l'humérus, Laboratoire d'Anatomie de Poitiers.</i>	23
<i>Figure 8 : Schémas des plans sous-cutanés antérieur (A.) et postérieur (B.) du bras ; « Anatomie clinique ; Kamina, Tome 1, Section 3 Membre supérieur, p.285-286»</i>	26
<i>Figure 9 : Schéma représentant les loges du bras ; « Anatomie clinique ; Kamina, Tome 1, Section 3 Membre supérieur, p.219»</i>	28
<i>Figure 11 : Dessin représentant la vascularisation artérielle du bras droit, « Anatomie clinique ; Kamina, Tome 1, Section 3 Membre supérieur, p.267»</i>	30
<i>Figure 12 : Schéma représentant le nerf circonflexe dans l'espace axillaire postérieur droit, « Anatomie clinique ; Kamina, Tome 1, Section 3 Membre supérieur, p.321»</i>	31
<i>Figure 13 : Dessin représentant le trajet brachial du nerf radial ; Gerwin et al.</i>	32
<i>Figure 14 : Dessin extrait de l'article de Holstein et al représentant les relations entre le nerf radial et la diaphyse humérale (36).</i>	33
<i>Figure 15 : Schéma représentant le « paquet » vasculo-nerveux antérieur du bras, « Anatomie clinique ; Kamina, Tome 1, Section 3 Membre supérieur, p.303»</i>	34
<i>Figure 16 : Radiographies d'un humérus droit de face (A.) et gauche de profil (B.)</i>	35
<i>Figure 17 : Schéma représentant la Classification selon l'AO des fractures de la diaphyse humérale</i>	36
<i>Figure 18 : Schéma représentant le trajet utilisé par la voie d'abord postérieure trans-tricipitale.</i>	37

<i>Figure 19 : Photographie d'un patient avec l'installation utilisée, en décubitus latéral.</i>	40
<i>Figure 20 : Photographie des repères de la voie d'abord postérieure de l'humérus.</i>	41
<i>Figure 21 : Photographie de l'apex proximal de l'aponévrose médiale du triceps brachial</i>	42
<i>Figure 22 : Photographie de la mise en place d'une plaque « glissée » sous le nerf radial, au contact de la diaphyse humérale postérieure.</i>	43
<i>Figure 23 : Clichés radiographiques d'une fracture de la diaphyse humérale</i>	46
<i>Figure 24 : Clichés radiographiques d'une fracture de la diaphyse humérale ostéosynthésée</i>	47
<i>Figure 25 : Diagramme de flux (FlowChart)</i>	49
<i>Figure 26 : Organigramme représentant les étiologies des fractures dans la cohorte</i>	50
<i>Figure 27 : Diagramme représentant la répartition des fractures de notre étude suivant la classification de l'AO/OTA</i>	51
<i>Figure 28 : Tableau représentant les caractéristiques des patients de notre cohorte</i>	52
<i>Figure 29 : Tableau représentant les résultats post opératoires de notre étude</i>	54
<i>Figure 30 : Tableau représentant les résultats cliniques post-opératoires des patients</i>	55
<i>Figure 31 : Tableau représentant les résultats du score SF-36 dans notre cohorte</i>	56
<i>Figure 32 : Graphique représentant la courbe d'apprentissage de notre technique opératoire.</i>	57
<i>Figure 33 : Graphique représentant la courbe d'apprentissage de notre technique ainsi que l'analyse en régression linéaire segmentée des temps opératoires.</i>	57

Bibliographie

1. Cowling P. Fractures of the humeral shaft. *Orthopaedics and Trauma*. oct 2019;33(5):283-93.
2. Coudane H, Bonneville P, Bernard J-N, Claudot F. Fractures de la diaphyse humérale chez l'adulte. *EMC - Appareil locomoteur*. janv 2007;2(3):1-8.
3. Kim SH, Szabo RM, Marder RA. Epidemiology of humerus fractures in the United States: nationwide emergency department sample, 2008. *Arthritis Care Res*. mars 2012;64(3):407-14.
4. Schwab TR, Stillhard PF, Schibli S, Furrer M, Sommer C. Radial nerve palsy in humeral shaft fractures with internal fixation: analysis of management and outcome. *Eur J Trauma Emerg Surg*. avr 2018;44(2):235-43.
5. Shao YC, Harwood P, Grotz MRW, Limb D, Giannoudis PV. Radial nerve palsy associated with fractures of the shaft of the humerus: A SYSTEMATIC REVIEW. *The Journal of Bone and Joint Surgery British volume*. déc 2005;87-B(12):1647-52.
6. Streufert BD, Eaford I, Sellers TR, Christensen JT, Maxson B, Infante A, et al. Iatrogenic Nerve Palsy Occurs With Anterior and Posterior Approaches for Humeral Shaft Fixation. *Journal of Orthopaedic Trauma*. mars 2020;34(3):163-8.
7. Scolaro JA, Voleti P, Makani A, Namdari S, Mirza A, Mehta S. Surgical fixation of extra-articular distal humerus fractures with a posterolateral plate through a triceps-reflecting technique. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. févr 2014;23(2):251-7.
8. Sarmiento A, Kinman PB, Galvin EG, Schmitt RH, Phillips JG. Functional bracing of fractures of the shaft of the humerus. *J Bone Joint Surg Am*. juill 1977;59(5):596-601.
9. Jawa A, McGarty P, Doornberg J, Harris M, Rinc D. EXTRA-ARTICULAR DISTAL-THIRD DIAPHYSEAL FRACTURES OF THE HUMÉRUS. :6.
10. Matsunaga FT, Tamaoki MJS, Matsumoto MH, Netto NA, Faloppa F, Belloti JC. Minimally Invasive Osteosynthesis with a Bridge Plate Versus a Functional Brace for Humeral Shaft Fractures: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 5 avr 2017;99(7):583-92.
11. Srinivasan K, Agarwal M, Matthews SJE, Giannoudis PV. Fractures of the Distal Humerus in the Elderly: Is Internal Fixation the Treatment of Choice? *Clinical Orthopaedics and Related Research*. mai 2005;NA;(434):222-30.
12. Chapman JR, Henley MB, Agel J, Benca PJ. Randomized Prospective Study of Humeral Shaft Fracture Fixation: Intramedullary Nails Versus Plates. *Journal of Orthopaedic Trauma*. mars 2000;14(3):162-6.

13. Singiseti K, Ambedkar M. Nailing versus plating in humerus shaft fractures: A prospective comparative study. *Int Orthop.* avr 2010;34(4):571-6.
14. Zhao J-G, Wang J, Wang C, Kan S-L. Intramedullary nail versus plate fixation for humeral shaft fractures: a systematic review of overlapping meta-analyses. *Medicine (Baltimore).* mars 2015;94(11):e599.
15. Vander Griend R, Tomasin J, Ward EF. Open reduction and internal fixation of humeral shaft fractures. Results using AO plating techniques. *J Bone Joint Surg Am.* mars 1986;68(3):430-3.
16. Lu S, Wu J, Xu S, Fu B, Dong J, Yang Y, et al. Medial approach to treat humeral mid-shaft fractures: a retrospective study. *J Orthop Surg Res.* déc 2016;11(1):32.
17. Wang X, Zhang P, Zhou Y, Zhu C. Secondary radial nerve palsy after internal fixation of humeral shaft fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* avr 2014;24(3):331-3.
18. Carlan D, Pratt J, Patterson JMM, Weiland AJ, Boyer MI, Gelberman RH. The Radial Nerve in the Brachium: An Anatomic Study in Human Cadavers. *The Journal of Hand Surgery.* oct 2007;32(8):1177-82.
19. Hackl M, Damerow D, Leschinger T, Scal M, Müller LP, Wegmann K. Radial nerve location at the posterior aspect of the humerus: an anatomic study of 100 specimens. *Arch Orthop Trauma Surg.* nov 2015;135(11):1527-32.
20. Walker M, Palumbo B, Badman B, Brooks J, Van Gelderen J, Mighell M. Humeral shaft fractures: a review. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* juill 2011;20(5):833-44.
21. Netter FH, Kamina P. Atlas d'anatomie humaine. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson; 2009.
22. Kamina P, Martinet C. Anatomie clinique. Tome 1, Tome 1,. Paris : Maloine; 2009.
23. Dubrana F, Hulet C, Le Nen D, Lefèvre C, Martinet C. Manuel des voies d'abord en chirurgie orthopédique et traumatologique [En ligne]. 2014 [cité le 1 juill 2021]. Disponible: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9782294705106>
24. Hoppenfeld S, Buckley R, De Boer PG. Surgical exposures in orthopaedics: the anatomic approach [En ligne]. 2017 [cité le 23 juin 2021]. Disponible: <http://proxy.cm.umoncton.ca/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&AN=1690652>
25. Principes AO : AO Foundation Principles https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAx8jfULsh0VAdAsNSU!/?soloState1/4true&contentUrl1/4/srg/popup/additional_material/41/41_X10-Lag-screw-technique.jsp. Accessed on 24/03/2021.
26. Schatzker J, Tile M. The Rationale of Operative Fracture Care. New York : Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2005.

27. Xue Z, Jiang C, Hu C, Qin H, Ding H, An Z. Effects of different surgical techniques on mid-distal humeral shaft vascularity: open reduction and internal fixation versus minimally invasive plate osteosynthesis. *BMC Musculoskelet Disord.* déc 2016;17(1):370.
28. Kizilkanat E, Boyan N, Ozsahin ET, Soames R, Oguz O. Location, number and clinical significance of nutrient foramina in human long bones. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger.* févr 2007;189(1):87-95.
29. Jiamton C, Ratreprasatsuk N, Jarayabhand R, Kritsaneephaiboon A, Apivatthakakul T. The safety and feasibility of minimal invasive plate osteosynthesis (MIPO) of the posterior aspect of the humerus: A cadaveric study: MIPO of the Posterior Aspect of the Humerus. *Clin Anat.* mars 2019;32(2):176-82.
30. Laporte C, Thiong'o M, Kassab G, Atallah A. Chirurgie de la diaphyse humérale : voies d'abord, techniques opératoires. *EMC - Techniques chirurgicales - Orthopédie - Traumatologie.* janv 2011;6(3):1-16.
31. Gerwin M, Hotchkiss RN, Weiland AJ. Alternative Operative Exposures of the Posterior Aspect of the Humeral Diaphysis. With Reference to the Radial Nerve*: *The Journal of Bone & Joint Surgery.* nov 1996;78(11):1690-5.
32. Holstein A, Lewis GM. FRACTURES OF THE HUMERUS WITH RADIAL-NERVE PARALYSIS. *J Bone Joint Surg Am.* oct 1963;45:1382-8.
33. Ekholm R, Ponzer S, Törnkvist H, Adami J, Tidermark J. Primary Radial Nerve Palsy in Patients With Acute Humeral Shaft Fractures. *Journal of Orthopaedic Trauma.* juill 2008;22(6):408-14.
34. Meinberg E, Agel J, Roberts C, Karam M, Kellam J. Fracture and Dislocation Classification Compendium—2018. *Journal of Orthopaedic Trauma.* janv 2018;32(1):S1-10.
35. Marsh JL, Slongo TF, Agel J, Broderick JS, Creevey W, DeCoster TA, et al. Fracture and Dislocation Classification Compendium - 2007: Orthopaedic Trauma Association Classification, Database and Outcomes Committee. *Journal of Orthopaedic Trauma.* nov 2007;21(Supplement):S1-6.
36. McCann PA, Smith GCS, Clark D, Amirfeyz R. THE TRICIPITAL APONEUROSIS — A RELIABLE SOFT TISSUE LANDMARK FOR HUMERAL PLATING. *Hand Surg.* janv 2015;20(01):53-8.
37. Delbast L, Batisse F, Baroan C, Niéto H. Identification du nerf radial par rapport au sommet de l'aponévrose tricipitale: un repère fiable. :12.
38. Arora S, Goel N, Cheema GS, Batra S, Maini L. A Method to Localize The Radial Nerve Using the 'Apex Of Triceps Aponeurosis' as a Landmark. *Clinical Orthopaedics & Related Research.* sept 2011;469(9):2638-44.

39. Zlotolow DA, Catalano LW, Barron AO, Glickel SZ. Surgical Exposures of the Humerus: Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. déc 2006;14(13):754-65.
40. Laporte et al. - 2011 - Chirurgie de la diaphyse humérale voies d'abord,.pdf.
41. Tejwani NC, Murthy A, Park J, McLaurin TM, Egol KA, Kummer FJ. Fixation of Extra-Articular Distal Humerus Fractures Using One Locking Plate Versus Two Reconstruction Plates: A Laboratory Study. Journal of Trauma: Injury, Infection & Critical Care. mars 2009;66(3):795-9.
42. McKee MD, Kim J, Kebaish K, Stephen DJG, Kreder HJ, Schemitsch EH. Functional outcome after open supracondylar fractures of the humerus. THE JOURNAL OF BONE AND JOINT SURGERY. 2000;82(5):6.
43. Beaton DE, Wright JG, Katz JN. Development of the QuickDASH: Comparison of Three Item-Reduction Approaches. The Journal of Bone & Joint Surgery. mai 2005;87(5):1038-46.
44. Amstutz HC, Sew Hoy AL, Clarke IC. UCLA anatomic total shoulder arthroplasty. Clin Orthop Relat Res. avr 1981;(155):7-20.
45. Morrey BF, Adams RA. Semiconstrained arthroplasty for the treatment of rheumatoid arthritis of the elbow. J Bone Joint Surg Am. avr 1992;74(4):479-90.
46. Laucis NC, Hays RD, Bhattacharyya T. Scoring the SF-36 in Orthopaedics: A Brief Guide. The Journal of Bone and Joint Surgery. 7 oct 2015;97(19):1628-34.
47. Statistiques : Medistica. pvalue.io, a Graphic User Interface to the R statistical analysis software for scientific medical publications. 2020. Available on: <https://www.pvalue.io/fr>
48. Bèzes H. De l'intérêt à synthésiser par plaque vissée bon nombre de fractures de la diaphyse humérale. :10.
49. Ware J, Kosinski M, Gandek B. SF-36 Health Survey: Manual & Interpretation Guide. Lincoln, RI: QualityMetric Incorporated. 1 janv 1993;
50. Claessen FMAP, Peters RM, Verbeek DO, Helfet DL, Ring D. Factors associated with radial nerve palsy after operative treatment of diaphyseal humeral shaft fractures. Journal of Shoulder and Elbow Surgery. nov 2015;24(11):e307-11.
51. Boschi V, Pogorelic Z, Gulan G, Vilovic K, Stalekar H, Bilan K, et al. Subbrachial approach to humeral shaft fractures: new surgical technique and retrospective case series study. Can J Surg. 1 févr 2013;56(1):27-34.
52. Bishop J, Ring D. Management of Radial Nerve Palsy Associated With Humeral Shaft Fracture: A Decision Analysis Model. The Journal of Hand Surgery. juill 2009;34(6):991-996.e1.
53. Frazer EA, Hobson M, McDonald SW. The distribution of the radial and musculocutaneous nerves in the brachialis muscle. Clin Anat. oct 2007;20(7):785-9.

54. Korompilias AV, Lykissas MG, Kostas-Agnantis IP, Vekris MD, Soucacos PN, Beris AE. Approach to radial nerve palsy caused by humerus shaft fracture: Is primary exploration necessary? *Injury*. mars 2013;44(3):323-6.
55. Wang Y, Chen H, Wang L, Chen X, Zhi X, Cui J, et al. Comparison between osteosynthesis with interlocking nail and minimally invasive plating for proximal- and middle-thirds of humeral shaft fractures. *International Orthopaedics (SICOT)*. août 2021;45(8):2093-102.
56. Elton S, Rizzo M. Management of Radial Nerve Injury Associated with Humeral Shaft Fractures: An Evidence-Based Approach. *J reconstr Microsurg*. nov 2008;24(08):569-73.
57. Li Y, Tian Q, Leng K, Guo M. Comparison of the Posterior and Anterolateral Surgical Approaches in the Treatment of Humeral Mid-Shaft Fractures: A Retrospective Study. *Med Sci Monit [En ligne]*. 1 juill 2020 [cité le 30 juin 2021];26. Disponible: <https://www.medscimonit.com/abstract/index/idArt/924400>
58. Lee TJ, Kwon DG, Na SI, Cha SD. Modified Combined Approach for Distal Humerus Shaft Fracture: Anterolateral and Lateral Bimodal Approach. *Clin Orthop Surg*. 2013;5(3):209.
59. Capo JT, Debkowska MP, Liporace F, Beutel BG, Melamed E. Outcomes of distal humerus diaphyseal injuries fixed with a single-column anatomic plate. *International Orthopaedics (SICOT)*. mai 2014;38(5):1037-43.
60. Schildhauer TA, Nork SE, Mills WJ, Henley MB. Extensor Mechanism-sparing Paratricipital Posterior Approach to the Distal Humerus: *Journal of Orthopaedic Trauma*. mai 2003;17(5):374-8.
61. Remia LF, Richards K, Waters PM. The Bryan-Morrey triceps-sparing approach to open reduction of T-condylar humeral fractures in adolescents: cybex evaluation of triceps function and elbow motion. *J Pediatr Orthop*. déc 2004;24(6):615-9.
62. Illical EM, Farrell DJ, Siska PA, Evans AR, Gruen GS, Tarkin IS. Comparison of outcomes after triceps split versus sparing surgery for extra-articular distal humerus fractures. *Injury*. oct 2014;45(10):1545-8.
63. Lotzien S, Hoberg C, Rausch V, Rosteijs T, Schildhauer TA, Gessmann J. Open reduction and internal fixation of humeral midshaft fractures: anterior versus posterior plate fixation. *BMC Musculoskelet Disord*. déc 2019;20(1):527.
64. Liu G, Zhang Q, Ou S, Zhou L, Fei J, Chen H, et al. Meta-analysis of the outcomes of intramedullary nailing and plate fixation of humeral shaft fractures. *International Journal of Surgery*. nov 2013;11(9):864-8.
65. Ouyang H, Xiong J, Xiang P, Cui Z, Chen L, Yu B. Plate versus intramedullary nail fixation in the treatment of humeral shaft fractures: an updated meta-analysis. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. mars 2013;22(3):387-95.

66. Beeres FJ, Diwersi N, Houwert MR, Link BC, Heng M, Knobe M, et al. ORIF versus MIPO for humeral shaft fractures: a meta-analysis and systematic review of randomized clinical trials and observational studies. *Injury*. avr 2021;52(4):653-63.



Serment d'Hippocrate



En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses !
Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !



Intérêts de l'abord postérieur dans les fractures diaphysaires humérales

Résumé

Introduction :

Les fractures diaphysaires de l'humérus sont des fractures fréquentes et leur prise en charge fait toujours débat, même si de plus en plus d'équipes se tournent vers une prise en charge chirurgicale. Une des principales lésions associées est l'atteinte du nerf radial, qu'elle soit primitive ou secondaire au traitement de ces fractures.

Dans ce travail nous avons étudié les intérêts de la voie d'abord postérieure trans-tricipitale après repérage du nerf radial au moyen de l'apex aponévrotique. Pour ce faire nous avons analysé les résultats radiologiques et cliniques d'une série de fractures de la diaphyse humérale ostéosynthésées par plaque verrouillée, mise par voie postérieure.

Patients et méthodes :

Nous avons inclus les patients ayant bénéficié d'une ostéosynthèse de fracture diaphysaire humérale par plaque verrouillée au moyen d'un abord trans-tricipital après repérage du nerf radial. Les caractéristiques des patients, les radiographies, les examens cliniques ainsi que la consolidation osseuse et les différentes complications ont été analysés. L'évaluation clinique comprenait la mesure des amplitudes articulaires, et la fonction a été évalué à l'aide des questionnaires « Quick-DASH », « UCLA scoring system », « MEPI », «EVA» et « SF-36 ».

Résultats :

Depuis 2013, 21 patients ont été inclus (11 femmes, 10 hommes) avec un âge moyen de 49,9 ans. Le temps moyen de consolidation était de 15,7 semaines avec 1 cas de consolidation retardée obtenue à 26,4 semaines. 2 patients présentaient une lésion primitive du nerf radial (9,5 %). Nous avons relevé un cas de lésion secondaire du nerf radial (4,8%), avec récupération complète en 3 mois. Un seul patient a nécessité une nouvelle intervention pour ablation du matériel suite à une infection.

Cliniquement 10 patients ont bénéficié d'un examen clinique détaillé : EVA moyenne à 0, élévation antérieure moyenne à 160,5°, score de l'UCLA moyen de 32,1, flexion/extension moyennes au coude à 140,5°/0,5°, prono-supination moyennes à 82°/85,5°, un score de MEPS moyen de 94 points avec 6 résultats excellents ainsi qu'un Quick-DASH moyen de 20,06.

Conclusion :

La voie d'abord trans-tricipitale avec repérage du nerf radial grâce au sommet de l'aponévrose tricipitale, associée à une ostéosynthèse par plaque verrouillée, permet d'obtenir une fixation stable avec un haut taux de consolidation et un faible taux de complications, tout en préservant la fonction.

Mots clés : fracture diaphyse humérale, voie abord postérieure, trans-tricipital, repérage nerf radial.