



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



**Universitat Autònoma
de Barcelona**

FACULTAT DE MEDICINA
Departament de Cirurgia

**ABORDATGE POSTERIOR DE COLZE SENSE OSTEOTOMIA
D'OLÈCRANON (ABORDATGE DE NEWCASTLE) PEL TRACTAMENT DE
LES FRACTURES DE L'HÚMER DISTAL**

Programa de Doctorat: **CIRURGIA I CIÈNCIES MORFOLÒGIQUES**
Departament: **CIRURGIA**

TESI DOCTORAL:

Jordi Salvador Carreño

Barcelona 2020

TUTOR I DIRECTOR:

Carlos Torrens Cànoves

La tesi doctoral titulada:

**ABORDATGE POSTERIOR DE COLZE SENSE OSTEOTOMIA
D'OLÈCRANON (ABORDATGE DE NEWCASTLE) PEL TRACTAMENT DE
LES FRACTURES DE L'HÚMER DISTAL**

i presentada per el doctorand:

Jordi Salvador Carreño

Està realitzada sota el model de compendi de publicacions de conformitat amb el que disposa la Normativa acadèmica de la UAB aplicable als estudis universitaris regulats amb el RD 1393/2007, de 29 d'octubre, modificat pel RD 861/2010, de 2 de juliol (text refós aprovat per l'Acord de Consell de Govern de 2 de març de 2011), acceptat el 2 de març de 2020.

Referència bibliogràfica dels articles inclosos:

Salvador J, Castellón P, Fuentes I, Bernaus M, Anglès F. Tratamiento de fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2017; 61(5): 324-330.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2017.05.003>

Salvador J, Núñez JH, Veloso M, Castellón P, Anglès F. Newcastle approach for the treatment of supra-intercondylar fractures in children. Trauma Case Reports. 2020; 25(2): 100270. <https://doi.org/10.1016/j.tcr.2019.100270>

Al meus pares Ana María i José, als que els hi dec tot. Han fet de mi el que soc i m'han educat en el respecte als demés i en ajudar en el que pugui.

A l'Helena, per el seu suport. Amiga, companya i dona de la meva vida. Per ensenyar-me a ser bon metge i exigir-me sempre a esforçar-me i donar el millor de mi en tot el que hagi de fer.

Als meus fills Ivet, Biel i Lluç, em donen la vida. Els seus petons son energia en el fer de cada dia.

A Carles Torrens, director i tutor de tesi. Per guiar-me i donar-me els consells necessaris per la realització de la meva tesi.

I wish to express my sincere appreciation to Joseph Pooley, who introduced me into the exciting world of elbow surgery and whose guidance and encouragement taught me how to treat my patients in this pathology. His approach on the elbow and his studies were instrumental in my understanding and improvement of my surgical technique and have greatly helped in preparing my doctoral thesis.

INDEX

1. Justificació de la unitat temàtica de la tesi.....	7
2. Els abordatges quirúrgics.....	10
2.1. Incisions cutànies.....	10
2.2. Abordatges posteriors.....	10
2.2.1. Abordatge posterolateral de divisió del tríceps de Campbell.....	11
2.2.2. Abordatge posterolateral en llengua.....	12
2.2.2.1. Van Gorder.....	13
2.2.2.2. Campbell.....	14
2.2.3. Abordatge posterior de retracció de Alonso-Llames.....	15
2.2.4. Abordatge posterior de reflexió de Bryan i Morrey.....	16
2.2.4.1. Wolfe i Ranawat.....	17
2.2.5. Abordatge posterior amb osteotomia d'olècranon.....	18
2.2.5.1. Osteotomia d'olècranon de MacAusland.....	19
2.2.5.2. Osteotomia d'olècranon de Müller.....	19
2.2.5.3. Osteotomia d'olècranon de Chevron.....	20
2.2.6. Abordatge posterior de NewCastle.....	21
2.2.6.1. Posició del pacient.....	21
2.2.6.2. Anatomia de la inserció del tendó del tríceps distal.....	21
2.2.6.3. Vascularització del tríceps.....	28
2.2.6.4. Lligament colateral medial en l'estabilitat del colze.....	30
2.2.6.5. Abordatge quirúrgic.....	50
2.2.6.6. Reconstrucció de les parts toves.....	53
2.2.6.7. Control postoperatori.....	54

3. Bibliografia.....	56
4. Resum i discussió dels resultats.....	67
4.1. Tratamiento de fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa.....	67
4.2. Newcastle approach for the treatment of supra-intercondylar fractures in children.....	72
5. Conclusions finals.....	78
6. Aplicabilitat clínica.....	79
7. Articles publicats.....	80
7.1. Tratamiento de fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa.....	80
7.2. Newcastle approach for the treatment of supra-intercondylar fractures in children.....	87

1. Justificació de la unitat temàtica de la tesi

L'objectiu principal del tractament quirúrgic en les fractures articulars de l'húmer distal es reconstruir la superfície articular. A més, s'ha d'aconseguir una estabilitat i compressió a nivell supracondili suficient per a que la fractura consolidi i permeti una mobilització precoç per a un correcte resultat funcional del colze (1,2). L'os osteoporòtic i la comminació del segment articular constitueixen un repte per la osteosíntesi d'aquest tipus de fractures (3).

Estudis biomecànics han demostrat que la osteosíntesi amb un sistema de doble placa es més estable i més rígid que amb una sola placa (4,5). Pel que fa a la disposició de la doble placa, s'ha observat que una estructura de dos plaques paral·leles es superior en rigidesa i en resistència a la fatiga que la estructura de dos plaques en posició ortogonal (6–11).

Les complicacions més freqüents de aquests tipus de fractures són: rigidesa articular, dolor i la neuropatia perifèrica per afectació del nervi cubital (12,13). També s'han descrit complicacions relacionades amb la osteotomia de olècranon (14–16). Actualment, el retard de consolidació i la pseudoartrosi no son problemes freqüents en aquest tipus de lesions amb el desenvolupament de la tècnica quirúrgica i els nous dispositius d'osteosíntesi.

Dins de la planificació preoperatòria, la elecció de la via d'abordatge que garanteixi la millor exposició per facilitar la reducció i la estabilització de la fractura es un dels factors més importants (17).

Els dos estudis que formen part d'aquesta tesi validen l'ús de l'abordatge posterior de colze sense osteotomia d'olècranon tant per fractures de l'húmer distal en adults com en pacients pediàtrics.

Salvador J, Castellón P, Fuentes I, Bernaus M, Anglès F. Tratamiento de fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2017; 61(5): 324-330.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2017.05.003>

Avalua els resultats radiològics i funcionals a llarg termini de la reducció oberta i fixació interna amb doble placa de les fractures supracondílies d'húmer.

Es un estudi retrospectiu de 27 fractures supracondílies d'húmer a 27 pacients, que van ser intervingudes quirúrgicament des de gener de 2005 a setembre de 2012.

En 13 casos (52%) es va realitzar osteotomia de olècranon i en 12 casos (48%) sense osteotomia (abordatge de Newcastle (18)), abordatge descrit al mateix treball.

Salvador J, Núñez JH, Veloso M, Castellón P, Anglès F. Newcastle approach for the treatment of supra-intercondylar fractures in children. Trauma Case Reports. 2020; 25(2): 100270. <https://doi.org/10.1016/j.tcr.2019.100270>

Recull els resultats de l'abordatge de Newcastle per al tractament de les fractures supra-intercondílies pediàtriques. A causa de la baixa incidència d'aquestes fractures, les recomanacions de tractament es basen en publicacions de casos o sèries reduïdes o s'apliquen principis de tractament de fractures similars de pacients adults (19–21). En aquest estudi hem avaluat els resultats funcionals de 2 pacients amb edat pediàtrica, als quals es va realitzar

una reducció oberta i fixació interna per presentar una fractura d'húmer distal intra-articular complexa mitjançant l'abordatge de Newcastle. Pel que fa a l'abordatge de Newcastle, segons sabem, no hi ha treballs previs que hagin informat de l'ús d'aquest abordatge en el tractament d'aquest tipus de fractures. També es descriu l'abordatge i es posa de manifest que hem prestar una atenció especial i evitar una dissecció subperiòstica del ventre lateral, ja que el subministrament vascular de l'epífisi distal de l'húmer és postero-lateral i la seva lesió podria provocar una necrosi avascular.

2. Els abordatges quirúrgics

Per a la cirurgia posterior de colze, col·loquem al pacient en decúbit supí, decúbit prono o decúbit lateral.

Quan el pacient està en decúbit supí el colze està lliure i es flexiona cap l'abdomen. Pot ser fixat parcialment amb una vena o quedar a càrrec de l'ajudant. Quan el pacient està en decúbit prono o lateral, el braç queda sobre un suport amb una flexió a 90° per gravetat.

Apliquem un torniquet a la base o arrel del braç.

2.1. Incisions cutànies

Està descrita una elevada incidència de lesió nerviosa cutània amb les incisions cutànies medial (22,23) i lateral (24,25). Dowdy, et al. (26) va descriure que en la cara posterior del colze hi han menys estructures nervioses cutànies i de menor mida per tant menor índex de lesió nerviosa cutània amb una incisió a nivell posterior i línia mitjana. Els nervis cutanis i el plexe vascular subcutani (27,28) descansa en el greix subcutani i es conserva si les aletes fasciocutànies s'eleven del fons amb tot el gruix complet.

2.2. Abordatges posteriors

El cirurgià té diverses opcions per gestionar el tríceps quan aborda a l'articulació del colze (Fig. 1). El cirurgià pot dividir (Campbell (29)) replegar (Van Gorder (30)), reflexar (Kocher (31)), Bryan i Morrey (32), lateralitzar (Alonso-Llames (33), Patterson et al. (34)), o osteotomitzar el complexa tríceps.

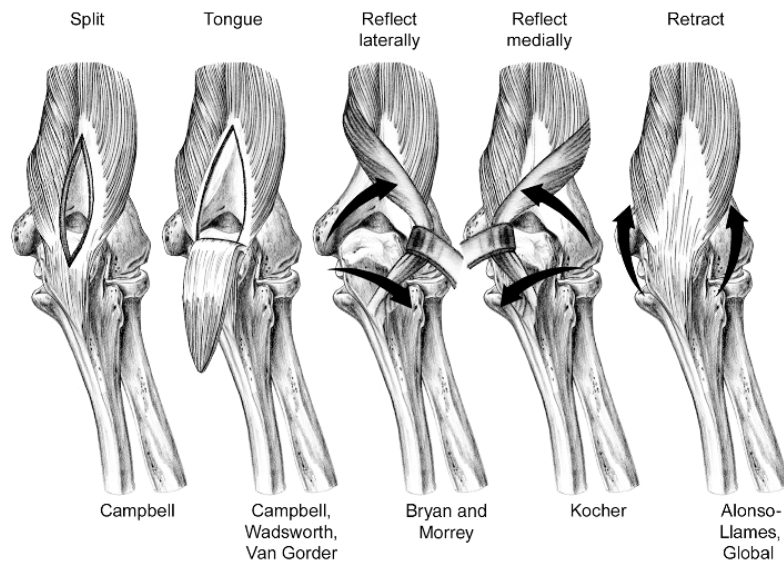


Fig. 1. Opcions quirúrgiques pel tractament del mecanisme del tríceps que inclou divisió, llengua (penjoll), reflexió lateral, reflexió medial o retracció. Faltaria l'osteotomia. *Bernard F. Morrey, M.D. Operative Treatment of Elbow Injuries.*

2.2.1. Abordatge posterolateral de divisió del tríceps de Campbell

Campbell originalment va descriure l'abordatge amb divisió del tríceps al 1932 i en les seves indicacions incloïa l'artroplàstia total de colze i la osteosíntesi en fractures extra-articulars del terç distal d'húmer (29).

Després d'una incisió posterior de la pell, es realitza una incisió de línia mitjana a través de la fàscia del tríceps i tendó. Aquesta incisió es segueix distalment fins la punta de l'olècran i sobre la vora posterior del cúbit. La inserció del tríceps es alliberada de l'olècranon, deixant el mecanisme extensor en continuïtat amb la fàscia de l'avantbraç i la musculatura medial i lateral. Durant aquest abordatge, el nervi cubital ha de ser identificat i protegit.

Al pla muscular, l'aponeurosi del tríceps i els ventres musculars son dividits per la línia mitja. La musculatura més distal al voltant del colze (anconal i flexor carpi ulnaris/cubital anterior) son alliberats subperiòsticament. A nivell més

profund, la càpsula també es divideix en la seva línia mitja per exposar l'húmer, el cúbit i l'articulació.

La punta de l'olècranon (1 cm) es resseca per millorar la visualització de la superfície articular. El cirurgià pot visualitzar la cara posterior de l'húmer distal i l'articulació del colze. El tancament de la via d'abordatge es realitza amb sutures transòssies per al tancament del mecanisme tríceps sobre l'olècran per evitar la luxació de l'aparell extensor.

2.2.2. Abordatge posterolateral en llengua

Varis autors van descriure un abordatge posterior de colze utilitzant una llengua fascio-muscular.

Wadsworth (35) també va descriure un abordatge posterolateral. Les indicacions d'aquest abordatge inclou la fixació de fractures i la artroplàstia de colze. En el pla muscular, l'aponeurosi del tríceps, juntament amb el múscul subjacent, es divideix en una V invertida amb la base unida a l'olècranon, deixant una vora perifèrica unida al tríceps per a una reparació posterior.

Distalment, el cirurgià disseca l'interval entre l'extensor carpi ulnaris i l'anconal. L'anconal es reflecteix de forma medial amb la càpsula subjacent. En el pla periostal, l'exposició lateral es pot millorar mitjançant l'elevació subperiòstica de l'origen extensor comú i el complex lligamentós lateral.

Aquesta exposició es pot estendre proximalment per la cara posterior de l'húmer i distalment a nivell de la vora subcutània del cúbit. Amb aquest abordatge es pot exposar la part distal de l'húmer i l'articulació del colze. El tancament d'aquest abordatge es realitza suturant fermament la fàscia del tríceps per evitar la debilitat del tríceps.

Modificacions:

2.2.2.1. Van Gorder (30) va introduir una modificació amb el seu abordatge. La “V” invertida només implica la fàscia aponeuròtica del tríceps sense fibres musculars (Fig. 2).

La fàscia superficial que cobreix el múscul tríceps es talla en forma de llengüeta llarga, l'apex és d'uns 10 centímetres per sobre de l'olècran i la base cap a les vores exteriors dels dos còndils humerals. Aquesta incisió fascial, s'ha de preservar per suturar-se pel tancament de l'abordatge.

Començant en l'apex d'aquesta llengua marcada de fàscia, la dissecció es dirigeix cap a l'articulació del colze, i s'aprofundeix progressivament el pla de dissecció a mesura que s'apropa la línia articular. Així, a mesura que la llengua del teixit s'eleva des del seu llit, la porció apex només contindrà fàscia; la part mitjana, la fàscia i una capa superficial de múscul; mentre que, a mesura que la dissecció avança i aprofundeix, la base de la llengua finalment inclourà tot el gruix del múscul tríceps juntament amb el tendó. A mesura que les línies de dissecció s'orienten cap als dos costats als còndils humerals, les expansions laterals del múscul tríceps es divideixen completament i evitar lesionar el nervi cubital.

La llengua dissociada de la fàscia i el múscul roman completament lliure, a excepció de la seva base, que queda fermament lligada a l'olècran i les prolongacions fascials. Seguidament es doblega cap a enrere, exposant el que queda de les porcions més profundes del múscul del tríceps que es troben damunt l'os. Una altra incisió longitudinal de la línia mitjana, aprofundida al llarg

del periosti, separa aquestes fibres musculars restants i permet retirar-les amb el periosti a cada costat.

2.2.2.2. Campbell (29) va descriure una altra modificació del seu abordatge. La seva modificació inclou una llengua de fàscia del tríceps però amb el ventre muscular. Va recomanar aquesta modificació (abordatge en llengua del tríceps) només si era present una contractura del tríceps, i el tancament podia ser realitzat un allargament tipus V-Y. Amb aquesta tècnica es pot incrementar uns 40° de flexió de colze (32), però produeix certa debilitat del aparell extensor (36) i també presenta un cert risc de necrosi del tríceps, el que fa que no tingui molta popularitat actualment (fig. 2).

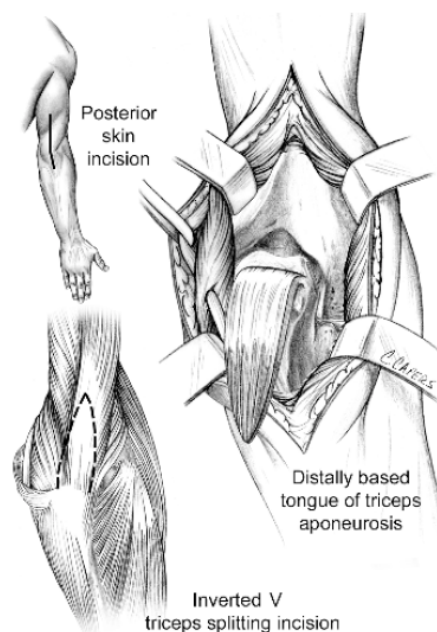


Fig. 2. Abordatge posterolateral en llengua de Van Gorder (la llengua només implica la fàscia aponeuròtica del tríceps sense fibres musculars) i Campbell (amb llengua de fàscia del tríceps i ventre muscular). *Bernard F. Morrey, M.D. Operative Treatment of Elbow Injuries.*

2.2.3. Abordatge posterior de retracció de Alonso-Llames

Aquest abordatge va ser publicat al 1967 (33). Inicialment va ser descrit per tractar les fractures supracondílies del nens. Actualment també es àmpliament utilitzat per tractar les fractures extra-articulars e intra-articulars simples de l'adult.

L'abordatge comença amb la incisió cutània posterior, subcutani i aponeurosi del tríceps. Es mantenen els flaps cutanis per mitja de sutures. El nervi cubital es degudament identificat i protegit. Seguidament es realitza una dissecció subfascial, directament al compartiment tricipital, arribant al septe intercondili. A través d'una dissecció roma s'allibera a medial i lateral allargant l'exposició per mitjà de dues incisions paraolecranianes. Passant una gassa al voltant del tríceps podem desplaçar el tríceps ambdues direccions. La càpsula articular, que es troba adherida a la cara anterior del tríceps, es pot obrir si es necessari. També podem alliberar subperiòsticament els lligament per donar major exposició quirúrgica o tenir millor control per la reducció d'una possible fractura. Actualment aquest abordatge està sent utilitzat per la capacitat de conversió a altres abordatges si hem de canviar d'actitud quirúrgica segons les característiques de la fractura.

Una bona estratègia seria començar fent un abordatge bilaterotricipital (Alonso Llames) per comprovar la complexitat de la fractura. Si la fractura pot ser reduïda i sintetitzada no s'amplia la dissecció. Si la exposició es insuficient per a reduir els fragments articulars podem realitzar una osteotomia de olècranon amb o sense flap d'anconal o, en cas de pensar en una artroplàstia de colze realitzar un abordatge de Bryan i Morrey preservant l'olècranon (37).

2.2.4. Abordatge posterior de reflexió de Bryan i Morrey

Les indicacions per aquest abordatge inclou artroplàstia total de colze, osteosíntesis de fractures i altres intervencions a on l'abordatge posterior sigui necessari (32).

En el pla muscular, l'aspecte medial del tríceps s'eleva i s'allibera de l'húmer i del septe intermuscular medial per sota de la càpsula posterior. Es realitza una incisió de la fàscia de l'avantbraç a nivell medial de la part proximal del cúbit d'uns 6 cm aproximadament.

En el pla periòstic, es realitza una elevació i una reflexió del tríceps, la seva inserció, la fàscia i el periosti cubital en una sola unitat de medial a lateral.

L'aspecte medial de la unió entre la inserció del tríceps i el periosti cubital és la part més feble d'aquest penjoll múscul-periostal, i es requereix una cura minuciosa durant la seva elevació. Bryan i Morrey (32) recomanen que aquesta elevació es realitzi de 20° a 30° de flexió per disminuir la tensió a la penjoll.

El cap de radi ha de ser exposat a través d'una elevació subperiòstica de l'anconal del cúbit proximal. La càpsula posterior normalment es reflexa conjuntament amb l'aparell extensor i es pot fer una osteotomia de la punta de l'olècranon per tenir millor exposició de la tròclea (Fig. 3). El complex lligamentós colateral medial es pot reflectir mitjançant una dissecció completa de l'húmer per augmentar l'exposició durant l'artroplàstia total del colze.

Aquesta exposició es pot estendre subperiòsticament de l'húmer a nivell proximal i a distalment a nivell subcutani del cúbit.

Pel tancament, Morrey (38) recomana que tant el periosti com la inserció del tríceps es reinsereixi a l'olècranon amb una sutura gruixuda de punts gruixuts (Fig. 3). No fer aquest tipus d'ancoratge o reconstrucció pot donar a un tríceps

lliscant amb dolor i debilitat. Si s'ha hagut d'ampliar l'abordatge amb una reflexió del complex lligamentós colateral medial s'haurà de reinserir amb sutures transòssies i la fàscia del flexor carpi ulnaris reparada.

Es important tenir en compte que es pot trencar l'aparell extensor del tríceps si no el separem a nivell del cúbit i que posteriorment s'ha de reinserir amb sutures transòssies per tal d'evitar la insuficiència de l'aparell extensor (38).

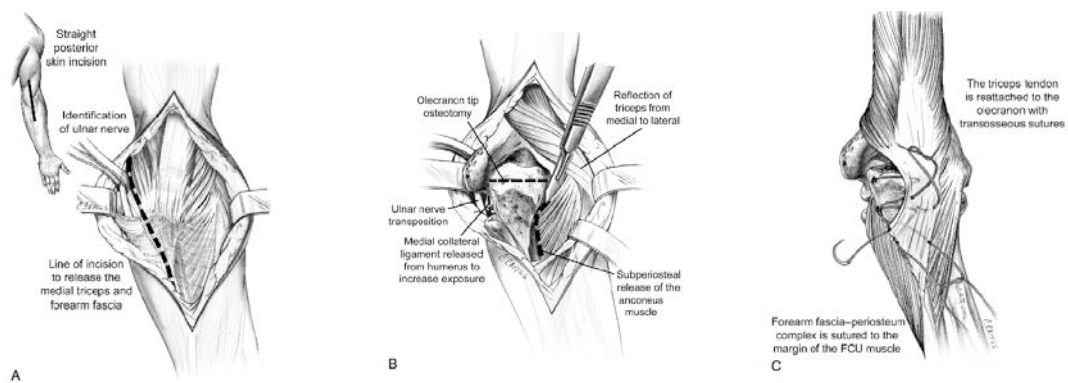


Fig. 3. Abordatge posterior de reflexió de Bryan-Morrey. (A) Abordatge del pla fascial i muscular. (B) Ampliació de l'abordatge per una millor visió. (C) Tancament de l'abordatge. (FCU, flexor carpi ulnaris). *Bernard F. Morrey, M.D. Operative Treatment of Elbow Injuries.*

Modificació:

2.2.4.1. Wolfe i Ranawat recomanen que l'alliberació del tríceps a nivell de l'olècranon es faci amb osteotomia, per mitjà d'una fina oblea d'os i que tot el mecanisme extensor amb la seva oblea d'os es reflecteixi lateralment (39).

2.2.5. Abordatge posterior amb osteotomia d'olècranon

Originalment MacAusland va descriure l'abordatge amb osteotomia d'olècranon al 1915 (40). Les indicacions per aquest tipus d'abordatge inclouen la fixació de les fractures intraarticulars del l'húmer distal i les fractures tipus C3 de la classificació de la AO. Al pla periòstic, l'olècranon es exposa i perfora com a preparació prèvia a l'osteotomia.

La perforació es realitza des de la punta de l'olècranon i cap al canal medullar. Un cop realitzat el forat, introduïm un cargol d'esponjosa de 8-9 cm segons la tècnica descrita per Heim i Pfeiffer. L'anconal s'allibera de l'olècranon i amb un retractor s'identifica la zona no articular o denudada de l'olècranon a on realitzarem l'osteotomia. Es realitza l'osteotomia per mitjà d'una serra oscil·lant de la cortical posterior fins arribar a la zona articular on canviarem a un osteòtom per a completar l'osteotomia per tal de no lesionar la articulació. En aquest punt l'olècranon amb el tríceps es reverteixen cap a proximal per a l'exposició de la zona articular. Podem estendre aquesta exposició a nivell proximal elevat subperiòsticament el tríceps (Fig. 4).

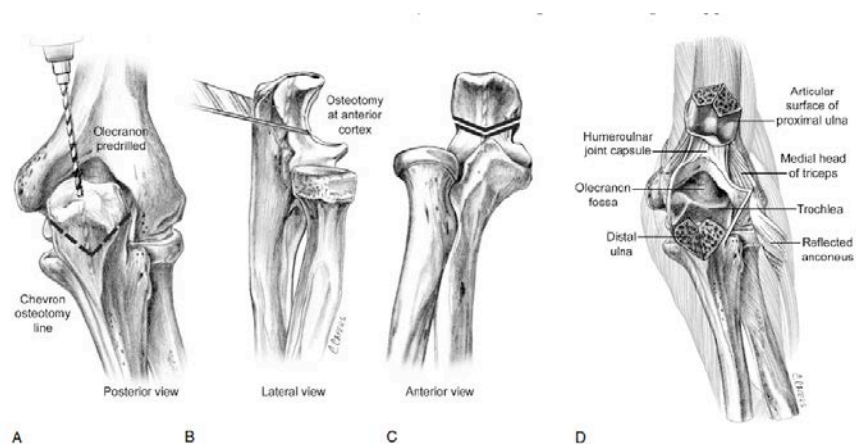


Fig. 4. Abordatge posterior amb osteotomia d'olècranon. (A) Perforació prèvia osteotomia. (B) Completar osteotomia amb osteòtom. (C) Osteotomia amb vèrtex distal. (D) Exposició articular distal. *Bernard F. Morrey, M.D. Operative Treatment of Elbow Injuries.*

S'han descrit tres tipus d'osteotomia: osteotomia d'olècranon de MacAusland, osteotomia d'olècranon de Müller i osteotomia d'olècranon de Chevron (Fig. 5).

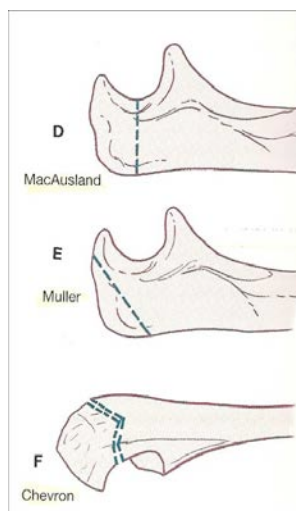


Fig. 5. Tipus d'osteotomia. MacAusland, Müller i Chevron.

2.2.5.1. Osteotomia d'olècranon de MacAusland. Es realitza l'osteotomia transversalment en direcció a la zona denudada de la fosa sigmoide de l'olècranon. Té l'avantatge respecte a l'osteotomia de Chevron que lesiona menys la cara articular de l'olècranon però és menys estable i dona més freqüentment pseudoartrosi.

2.2.5.2. Osteotomia d'olècranon de Müller. Es realitza extraarticularment. Com avantatges es que no envaeix l'articulació per tant no es pot lesionar però la visió que dona de l'articulació queda més limitada sobretot de la cara anterior de l'articulació i també és menys estable que l'osteotomia de Chevron.

2.2.5.3. Osteotomia d'olècranon Chevron. Es realitza l'osteotomia en "v" en direcció de la zona denudada de la fosa sigmoide. Pot lesionar-se part de la zona articular però es l'osteotomia més estable de les tres.

El tancament de l'osteotomia es pot realitzar a través de un cargol segons la tècnica descrita per Heim i Pfeiffer, per una placa o per un obenque.

Wagener, et al. (41) van realitzar un estudi compara el tancament de l'osteotomia de Chevron amb tres sistemes, cargol únic, cargol més cerclatge i kirschner més cerclatge i la conclusió es que dona més estabilitat el cargol amb cerclatge i Kirschner amb cerclatge que el cargol aïllat. Entre cargol més cerclatge i kirschner més cerclatge es decanten pel cargol per ser tècnicament mes senzill encara que biomecànicament no hi han diferències.

En quan al tancament amb placa de l'osteotomia, hi han descrites complicacions de la ferida quirúrgica en fractures complexes de l'húmer distal utilitzant aquest sistema pel qual no aporta avantatges respecte a les dues tècniques de referència. Lawrence, et al. (42) van avaluar les complicacions de la ferida quirúrgica en aquelles fractures sintetitzades amb aquesta via en fractures GIII de Gustilo i el tancament amb placa. La placa multiplicava per 13.6 la probabilitat de problemes de ferides.

L'osteotomia d'olècranon exposa una major superfície articular que l'abordatge de divisió dels tríceps, però no significativament major que la reflexió del tríceps (43). Tanmateix, fins i tot l'abordatge d'osteotomia d'olècranon no permet visualitzar més del 40% de la superfície articular humeral distal.

Les complicacions d'aquest abordatge inclou la pseudoartrosis que va del 0 al 9 % segons les sèries. Aquesta situació, encara que visible radiològicament, es molt ben tolerada biomecànicament i sense dolor. També s'han descrit casos

d'instabilitat si amb l'abordatge lesionem els lligaments laterals. L'osteoartritis pot aparèixer si l'osteotomia no està reduïda anatòmicament i s'ha d'evitar les malrotacions i la sobretensió de tancament.

2.2.6. Abordatge posterior de NewCastle

L'abordatge va ser descrit inicialment a la tècnica quirúrgica per la implantació de una artroplàstia total de colze tipus iBP (iBP™ -Instrumented Bone Preserving Elbow System-)(44).

2.2.6.1. Posició del pacient

Es recomana la posició decúbit lateral amb el braç sobre un suport deixant lliure l'avantbraç per que pugui flexionar-se uns 90°.

La cirurgia es realitza amb torniquet.

2.2.6.2. Anatomia de la inserció del tendó del tríceps distal

El tríceps ha estat històricament descrit per Gray com a conseqüència de 3 ventres musculars: la porció llarga, la porció lateral i la porció medial que s'uneixen en una inserció comuna i única a l'olècranon, encara que es pensa que s'introdueixen en un lloc d'inserció comú diferent (45). S'originen a partir de diferents llocs anatòmics, la porció llarga a la part inferior de la cavitat glenoïdal i la porció medial i lateral a l'aponeurosi intermuscular i la cara posterior de l'eix humeral. El nervi radial innerva els 3 ventres.

Alguns autors han evidenciat una avulsió aïllada del capçal medial del tríceps, però altres estudis anatòmics no han trobat un patró d'inserció diferent (46–48).

La morfologia de la lesió pot afectar la presentació clínica, l'anàlisi de la imatge i l'estratègia quirúrgica. A més, les complicacions amb la cicatrització de tríceps després de l'artroplàstia total del colze han generat un renovat interès per l'adopció d'exposicions "triceps-on" i abordatges paraolècranon laterals i medials que respecten les porcions de la inserció del tríceps (33,49–51).

Hi ha diversos escenaris clínics en què un coneixement exacte de l'anatomia insercional dels tríceps a l'olècranon pot ajudar al tractament quirúrgic. Les lesions traumàtiques al tendó del tríceps, encara que relativament poc freqüents, requereixen un diagnòstic ràpid, i sovint, una cirurgia. Generalment es relacionen amb un succés sobtat que resulta en una càrrega excèntrica a un tríceps contret, generalment amb el braç en extensió. Típicament tota la inserció del tríceps està avulsionada i la part lateral de la inserció tendinosa queda intacte, la qual cosa pot retardar el diagnòstic, però el reconeixement recent de l'aparició de lesions parcials requereix un coneixement anatòmic addicional (52).

A part de les lesions del tendó del tríceps, la possibilitat a la intervenció quirúrgica que implica l'aspecte posterior del colze, incloses les exposicions per a la fixació interna per la fractura d'húmer distal, l'artroplàstia del colze i l'ús de porcions de l'olècranon com un empelt per als pacients amb inestabilitat persistent del colze, va afavorir l'estudi de l'anatomia del tendó del tríceps distal i la seva petjada insercional (32,33,53–56). El reconeixement d'una àrea de petjada diferent ha estat de gran valor pel diagnòstic i la reparació de ruptures agudes del tríceps, pel disseny estratègies quirúrgiques efectives per a l'exposició al colze i per evitar lesions quan es realitzen intervencions que impliquen la cara posterior de l'olècranon.

Raúl Barco i col·laboradors (57) van estudiar l'anatomia del tríceps, orígens musculars i les seves relacions i amb un interès especial en la petjada d'inserció en l'olècranon. Es va plantejar la hipòtesi que diferents porcions del tríceps tindrien zones específiques d'empremta. Van concloure que hi ha una evidència creixent de la presència de diferents àrees d'impressió a l'olècranon per a la càpsula posterior del colze, el ventre muscular medial del tríceps i el tendó comú del ventre muscular llarg i lateral del tríceps (Fig. 6). El ventre muscular medial del tríceps es separa de la resta del tríceps mitjançant un pla diferenciat d'escissió i representa la unió profunda del complex.

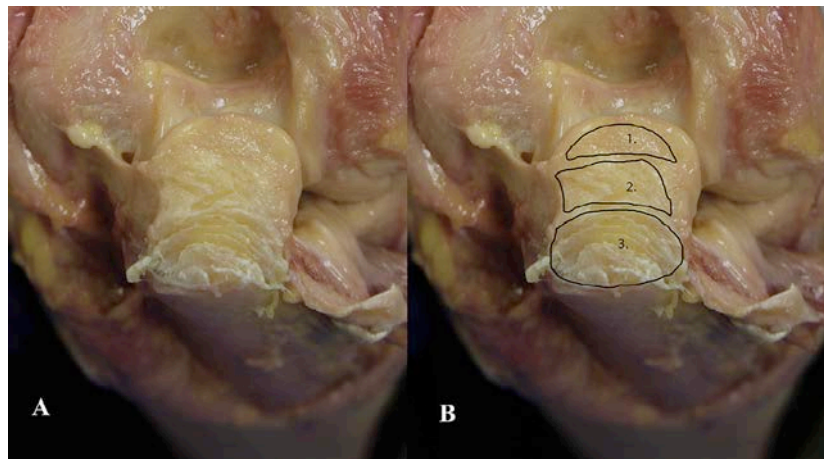


Fig. 6. Després de la resecció de la inserció completa del tríceps i de la càpsula posterior, l'olècranon mostra tres àrees d'inserció que corresponen a la inserció capsular posterior (1), el ventre muscular profund del tríceps (2), i el ventre superficial tendinós del tríceps (3). Raul Barco, et al. The distal triceps tendon insertional anatomy—implications for surgery. JSES Open Access. 2017 Jul 25;1(2):98-103. Doi: 10.1016/j.jses.2017.05.002. eCollectin 2017 jun

Yeh i col·laboradors (58) van realitzar un estudi anatòmic de la inserció distal del tríceps i va incloure la inserció capsular com a part de la petjada d'inserció tendinosa global. Alguns autors han descrit les lesions del tríceps que només afecten la inserció muscular profunda, que correspon al ventre medial del

tríceps, però no reconeix cap petjada d'inserció diferent (46,48). Athwal i col·laboradors (46) van trobar una àrea discreta d'inserció per al ventre medial dels tríceps a 8 de 15 espècimens. Tot i que les fibres tendinoses de les porcions superficials i profundes del tendó del tríceps s'uneixen i s'insereixen com una sola unitat en la inspecció visual, la dissecció minuciosa portada cap a la inserció pot identificar de forma consistent una àrea d'inserció diferent.

Ha hagut diverses referències sobre les lesions aïllades parcials superficials del tendó del tríceps distal (52,59–61).

També hi ha hagut una manca de claredat sobre quins components del complex contribueixen a diversos elements del lloc d'inserció. S'ha reconegut que la porció profunda dels tríceps s'origina des del ventre muscular medial del tríceps i que és muscular gairebé fins al punt d'inserció, amb fibres més tendinoses a la part superficial d'aquesta profunda porció (48,62). El tendó del tríceps distal superficial prové dels ventres musculars llarg i lateral del tríceps i té una inserció tendinosa ben diferenciada i estructurada sobre l'aspecte posterior de l'olècranon.

La petjada d'inserció s'ha reportat de manera variable en informes anteriors que va des de 280 fins a 646 mm² (47,52). Incloure la porció muscular profunda dels tríceps en la definició del que constitueix la petjada sembla lògica (58,62).

L'anatomia insercional de la petjada tríceps distal pot tenir implicacions funcionals. La confluència de la càpsula amb el múscul proper a la inserció i les troballes de la inserció directa de fibres musculars a la càpsula posterior suggereixen un possible paper en la propicepció. Una major rellevància clínica podria incloure la limitació de la quantitat d'olècranon que es pot eliminar abans de violar la petjada d'inserció. Un estudi de Moritomo, et al. (54) va descriure

l'ús d'un autoempelt osteocondral de l'olècranon posterior ipsilateral per reconstruir els colzes amb deficiències coronoides. S'ha de limitar l'osteotomia a 1 cm de distància de la punta de l'olècranon (segur en 9 de 10 casos) (57) (Fig. 7).

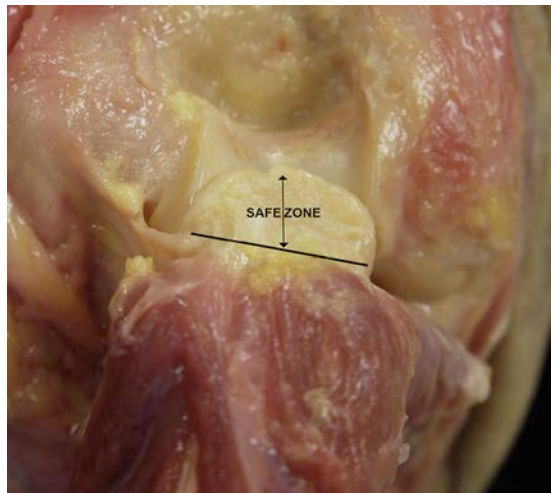


Fig. 7. Zona segura descrita per a l'osteotomia d'olècranon. Inclou la distància des de la punta de l'olècranon fins a la inserció muscular del cap profund del tríceps. Raul Barco, et al. The distal triceps tendon insertional anatomy—implications for surgery. JSES Open Access. 2017 Jul 25;1(2):98-103. Doi: 10.1016/j.jses.2017.05.002. eCollectin 2017 jun

L'aparició de ruptures parcials del tríceps es pot explicar pel fet que la porció profunda del tríceps està centralment situada a l'olècranon i és més petita que la part superficial tendinosa (46,48,63). La força diferencial en diferents posicions de flexió del colze també pot ser explicat per la part específica i la ubicació de la inserció, que es relaciona i es pot relacionar amb la relació de longitud/tensió de cada ventre muscular en diferents angles de flexió.

L'avantatge mecànic per a cada porció del tríceps pot variar amb la posició del colze i pot influir en la localització de la lesió en funció de la posició del braç

quan es produeixi el dany (64). Un estudi realitzat per Madsen, et al. (48) va descriure una ruptura de tríceps en un aixecador de peses corresponent al ventre muscular medial del tríceps que va donar lloc a una gran debilitat des de la flexió completa fins als 90° de flexió, però amb una força gairebé normal en l'extensió final. Aquesta deficiència es va resoldre amb la reparació.

Athwal, et al. (46) van informar 2 pacients amb ruptures parcials de la porció profunda. Clínicament, es van queixar del dolor contra l'extensió del colze sense un defecte palpable, 1 d'ells sense debilitat.

Hi ha una evidència creixent de la presència d'àrees de petjada diferents a l'olècranon per a la càpsula posterior del colze, el ventre muscular medial del tríceps i el tendó comú del ventre muscular llarg i lateral del tríceps. El ventre muscular medial del tríceps està separat de la resta del tríceps per un pla diferenciat i representa la inserció profunda del complex.

Tot i això, els llibres d'anatomia "clàssics" indiquen que el múscul tríceps braquial s'insereix a través d'un "tendó comú" d'inserció a la part posterior de l'olècranon i amb una fàscia comuna que recobreix el múscul anconi. Algunes de les fibres curtes i carneses del ventre muscular medial s'unirien directament a l'olècranon i unes quantes fibres a la part posterior de la càpsula de la articulació del colze (65–68).

Joseph Pooley i col·laboradors s'han trobat al dissecar el tríceps distal durant els procediments quirúrgics que la inserció és principalment muscular.

Les seves observacions intraoperatòries i disseccions de material postmortem fresc van demostrar que la part del tríceps distal que als textos anatòmics identificaren com el tendó del tríceps comprèn principalment el teixit muscular. Aquest teixit muscular d'inserció està cobert superficialment per una

aponeurosis fibrosa que des de el seu aspecte superficial te l'aparença d'un tendó d'inserció. A més, hi ha una extensió profunda d'aquesta aponeurosis (septum intermuscular) que separa els ventres musculars llarg i lateral del tríceps i divideix el ventre muscular més profund (medial) (Fig. 8).



Fig. 8. Disseccions de material postmortem fresc que demostra que la part del tríceps distal que als textos anatòmics identificaren com el tendó del tríceps comprèn principalment teixit muscular. **Imatge facilitada per disseccions del Dr. J. Pooley**

L'aponeurosi que cobreix els tríceps continua a distància per cobrir el múscul anconal.

Cadascun d'aquests elements de la inserció de tríceps, l'aponeurosi que cobreix el múscul, el septum intermuscular i el teixit muscular es pot separar fàcilment per una combinació de dissecció metòdica i nítida. Aquesta dissecció no requereix la secció del teixit muscular que seria necessari si el teixit muscular fos separat del tendó d'inserció (Fig. 9).



Fig. 9. Aponeurosis amb la seva extensió profunda (septum intermuscular) que separa els ventres musculars llarg i lateral del múscul i divideix el ventre muscular més profund (medial). **Imatge facilitada per J. Pooley**

2.2.6.3. Vascularització del tríceps

Joseph Pooley i col·laboradors també han realitzat estudis de la vascularització del tríceps utilitzant espècimens postmortem frescos. Cada part superior intacta es transectava al nivell de l'avantbraç abans de la infusió amb una suspensió de sulfat de bari injectada a l'artèria axil·lar. Es va reflectir la pell i es va realitzar la desarticulació de l'articulació de l'espatlla. El cap llarg del múscul tríceps es va separar del tubercle glenoide inferior. Es van fer radiografies laterals posteriors i medials de cada espècimen.

Aquesta tècnica va demostrar que el patró de la circulació extraòssia al voltant del colze corresponia al patró de circulació descrit en els textos anatòmics estàndard.

Les radiografies van indicar que el suport sanguini als dos terços proximals del tríceps va ser subministrat íntegrament per branques de la braquial profunda. Aquesta circulació es va reforçar al terç distal per vasos recurrents de les artèries radials i cubitals. Tanmateix, l'anastomosi es va produir al nivell venós i es va produir distalment al costat de la regió supracondílica de l'húmer (Fig. 10).



Fig. 10. Radiografies que indiquen el suport sanguini als dos terços proximals del tríceps subministrats íntegrament per branques de la braquial profunda. **Imatge facilitada per J. Pooley**

No obstant això, els seus estudis radiogràfics van demostrar que aquestes anastomosis ocorrien a nivell de petits vasos, el que contrasta amb les anastomosis substancials implicades en els llibres de text anatòmics.

Per tant, consideràvem que la font principal de subministrament de sang a les fibres musculars distals del tríceps braquial es derivava de les branques terminals de l'artèria braquial profunda.

La transecció sobtada del teixit muscular a aquest nivell durant un abordatge quirúrgic del colze pot reduir el subministrament de sang a les fibres musculars distals, que després depenen completament dels vasos terminals fins de les artèries cubital i radial recurrents, fins al nivell en el qual llavors es produeix dany isquèmic.

Això explicaria que la secció transversal del tríceps (abordatge de Campbell) donés lloc a la necrosi i líquuefacció del mateix el que fa que aquest abordatge estigui actualment en desús.

La dehiscència o la ruptura del tríceps és una complicació greu associada amb els abordatges posteriors de l'articulació de colze i s'ha informat que ocorre en aproximadament el 3% dels pacients sotmesos a reemplaçament total de l'articulació de colze.

2.2.6.4. Lligament colateral medial en l'estabilitat del colze

L'estabilitat de l'articulació del colze depèn tant de la geometria articular com dels teixits tous que inclouen la càpsula, els lligaments col·laterals i els músculs. Tanmateix, l'aportació de cadascuna continua sent una qüestió de debat, però el colze és l'articulació major freqüentment dislocada després de l'espatlla (69).

Les superfícies articulars de l'articulació quan es veuen externament semblen tenir un elevat nivell de congruïtat, cosa que suggereix que contribueixen gran part a l'estabilitat de l'articulació. Els estudis de Joseph Pooley i col·laboradors sobre els colzes intactes incrustats en una resina plàstica i posteriorment seccionats precisament en el pla sagital al laboratori van demostrar que el grau

de congruïtat de les superfícies articulars és inferior al que suggereix l'examen extern (Fig. 11).

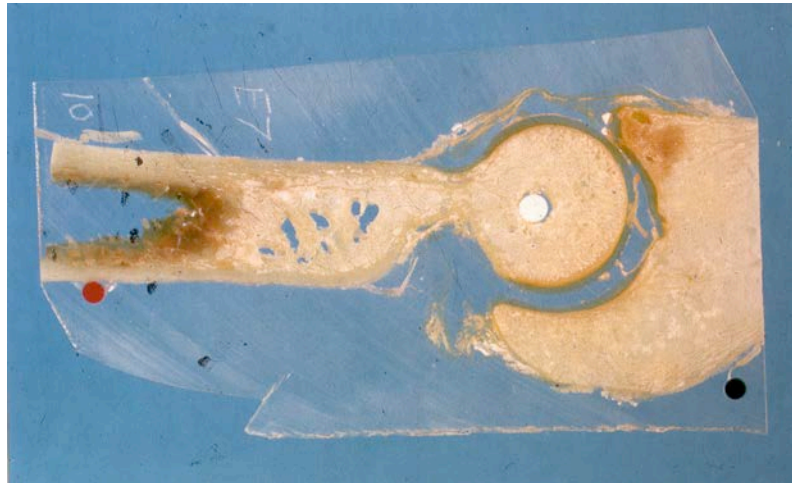


Fig. 11. Mostra d'una secció de colze incrustada en una resina plàstica. **Imatge facilitada per J. Pooley**

No obstant això, a mesura que l'articulació del colze flexiona l'àrea de contacte de les superfícies articulars augmenta el que suggereix que l'articulació és més estable en un angle de flexió més gran. L'àrea de contacte arriba al màxim a 90° de flexió.

La càpsula articular i els lligaments col·laterals són els responsables de l'aposió de les superfícies articulars durant el moviment.

El lligament col·lateral medial (LLCM) s'ha descrit com la restricció primària de l'articulació del colze normal a l'estrès de valg i és considerada per molts com la més important estructura estabilitzadora de teixits tous del colze.

Nombrosos investigadors han demostrat que la divisió d'aquest lligament, sobretot el feix anterior, produeix una augment de la laxitud de valg del colze normal (70–78). Els resultats d'aquests estudis in vitro en colzes cadavèrics normals han influït en molts cirurgians per recomanar que s'hagin de fer tots els intents de preservar la integritat de la LLCM durant la cirurgia del colze obert, especialment quan es realitza una artroplàstia total del colze (ATC) en pacients amb malaltia reumàtica (73,79–81). A més, aquests autors creuen que si la LLCM es divideix involuntàriament durant la cirurgia, és important que es faci un intent de reparar el lligament i restaurar la seva integritat (82). Això, segons alguns investigadors, és especialment important si s'utilitza una pròtesi de colze sense lligar (83,84).

Tanmateix, quan es realitza l'abordatge de Newcastle, per aconseguir una àmplia exposició de les superfícies articulars del colze, particularment en pacients amb colzes rígids a causa de canvis degeneratius, cal dividir formalment la LLCM sense que això provoqui inestabilitat del colze.

Joseph Pooley i col·laboradors va través de l'evidència experimental van justificar la divisió formal de la LLCM quan havien de realitzar procediments quirúrgics que requerien una àmplia exposició de les superfícies articulars.

Van observar de forma constant en les radiografies preoperatòries de l'articulació del colze en els pacients sotmesos a ATC per malaltia reumàtica que un "esperó ossi" es desenvolupa a la vora medial de la osca troclear del cúbit i s'estén cap a la base de l'epicòndil medial de l'húmer.

Aquest esperó ossi és inseparable de la zona de la càpsula articular corresponent al lligament col·lateral medial i van trobar que la seva excisió és necessària per superar qualsevol contractura de flexió fixa residual (Fig. 12).

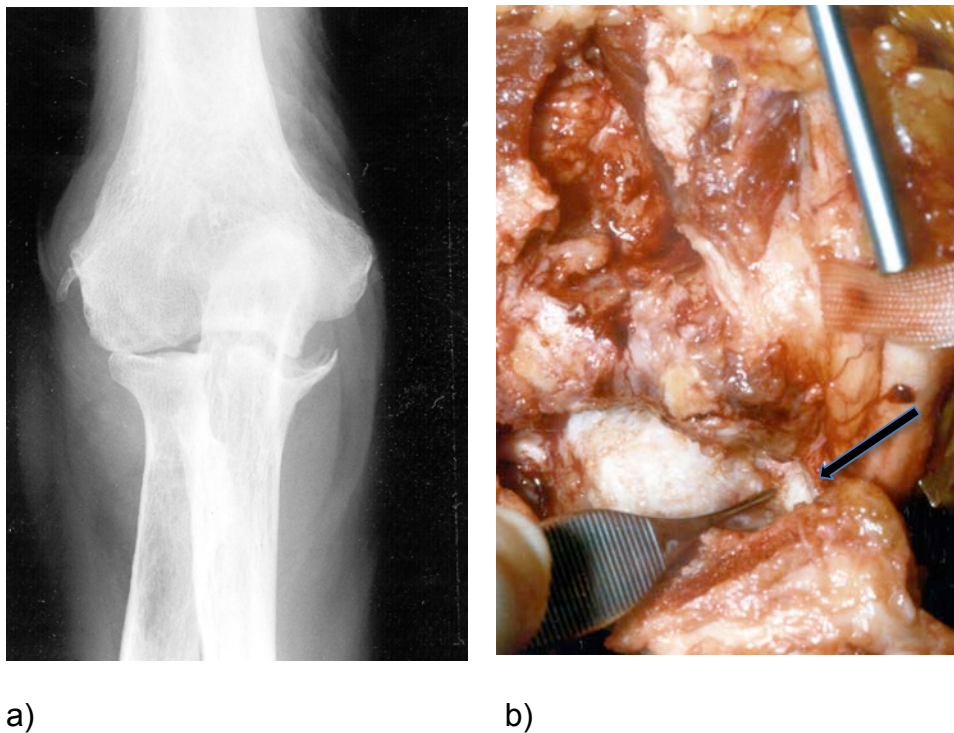


Fig. 12. a) Troballa constant a les imatges radiològiques d'un "esperó ossi" que es desenvolupa a la vora medial de la osca troclear del cúbit i s'estén cap a la base de l'epicòndil medial de l'húmer; b) Imatge anatòmica corresponent al lligament col·lateral medial. La seva excisió és necessària per superar qualsevol contractura de flexió fixa residual. **Imatge facilitada per J. Pooley**

Es va eliminar l'esperó ossi i el teixit capsular adjunt a una sèrie consecutiva de pacients amb artritis reumatoide sotmesos a ATC primària sense frontissa durant un període de 6 mesos. Això va comprometre 14 colzes (12 pacients). Hi havia 9 dones i 3 homes en edat mitjana en el moment de la cirurgia de 66 anys. Es va extreure el LLCM de 6 donants post-mortem (12 colzes) sense canvis degeneratius visibles a l'articulació del colze. El grup de control el formava 5 dones (83%) i un home, d'edat mitjana de 76 anys.

El protocol utilitzat en la preparació de seccions histològiques amb una solució de formaldehid, idèntic per a tots dos grups.

Els exemplars es van radiografiar per confirmar la necessitat de descalcificació. L'àcid fòrmic va ser el reactiu per a la descalcificació i els que requerien descalcificació es van fer estudi radiològic a intervals de 24 hores per determinar quan s'havia assolit el punt final de descalcificació. En aquest moment, la mostra es va segellar en un pot de processament metàl·lic i després es va transferir a la formalina tamponada. La deshidratació pas a pas en concentracions creixents d'etanol va ser seguida per infiltració dels exemplars amb cera de parafina fossa.

Els exemplars es van incrustar externament en un bloc de cera i es van seccionar per proporcionar fragments d'estudi de 5 µm de gruix abans de ser tenyides d'hematoxilina i eosina. Els exemplars es van veure a continuació mitjançant microscòpia de llum convencional i microscòpia de llum polaritzada.

Els resultat obtinguts a les mostres histològiques posaven de manifest:

- Inserció cubital del LLCM en controls normals:

El quadre histològic trobat en els dotze espècimens de control (6 donants post-mortem) va ser consistent. En vista de la insignificant variació intraindividual i interindividual de les troballes, la següent descripció histològica és aplicable als dotze espècimens i constitueix la base per a una població de control adequada.

Es va observar que la inserció del LLCM al cúbit en els donants normals es separava en quatre zones: lligament, fibrocartílag no mineralitzat, fibrocartílag mineralitzat i ossos (Fig. 13).

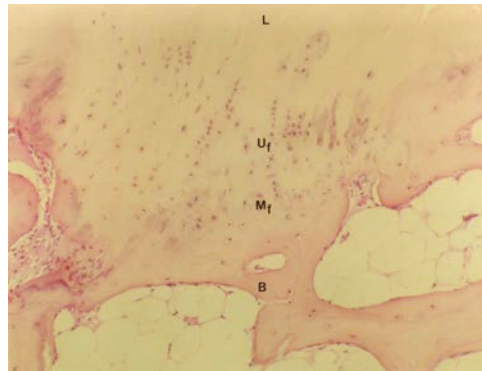


Fig. 13. Zones d'inserció del LLCM al cúbit en els donants normals: lligament, fibrocartílag no mineralitzat, fibrocartílag mineralitzat i ossos. **Imatge facilitada per J. Pooley**

No obstant això, aquestes divisions són arbitràries, ja que les zones no estaven perfectament dividides, de fet es fusionaven unes amb les altres en un canvi gradual en la morfologia, amb el que les fibres de col·lagen del lligament no s'inserien directament en l'os. Les cèl·lules que formen col·lagen a l'extrem del lligament no eren fibroblasts, però eren capaços de produir no només fibres de col·lagen sinó també la substància intercel·lular que constitueix l'os i el cartílag. Per tant, hi va haver un canvi gradual al llarg del lligament a prop de la seva inserció de començar com a teixit connectiu dens pur, després a través d'una barreja de teixit connectiu dens i os, finalment os.

Microscòpia de llum polaritzada de la inserció del lligament normal.

Sota microscòpia de llum polaritzada, la inserció del lligament en l'os era fàcilment visible. Les fibres del lligament no es van inserir directament en l'os, sinó que primer van passar a través de la zona altament birefringent del fibrocartílag no mineralitzat (grans quantitats de col·lagen); el fibrocartílag mineralitzat una mica menys birefringent (quantitats creixents de substància intercel·lular de l'os) abans d'inserir-se finalment en l'os laminar madur, que s'identifica fàcilment per la seva naturalesa organitzada i la presència de sistemes de Havers.

Microscòpia de llum d'alta potència.

Les quatre zones van ser examinades sota microscòpia de llum de major potència:

Lligament: el teixit dels lligaments estava compost en gran part per feixos paral·lels de fibres de col·lagen. Entre aquests es van trobar fibroblasts comprimits. Aquests paquets primaris van ser vistos per ser units en feixos secundaris que van ser separats per teixit areolar.

Fibrocartílag no mineralitzat: les fibres de col·lagen de el teixit del lligament van continuar directament en aquesta zona. El contingut cel·lular d'aquesta zona era del tipus de condrocits, aquestes cèl·lules s'arrodonien característicament i es trobaven en llacunes. Els condrocits, característicament,

estaven disposats en files, "condrons", que corrien paral·lelament a la direcció de les fibres de col·lagen que estaven disposades entre elles.

Fibrocartílag mineralitzat: els feixos de col·lagen del fibrocartílag no mineralitzat.

La zona també va continuar directament en aquesta regió. No obstant això, la transició entre aquestes dues zones podria identificar-se fàcilment a causa de la línia blava característica que talla el col·lagen gairebé perpendicularment a la direcció de les seves fibres. Aquesta coloració es va deure a la producció de matriu mineralitzada, que és fortament basòfila, pels condrocits en aquesta regió.

Os: l'os era del tipus laminar madur que s'ajustava a el contorn irregular del fibrocartílag mineralitzat adjacent. Aquest os es trobava en una "etapa quiescent", en la mesura que els osteoblasts estaven presents en una proporció "madura" de 100 a 1, el que indica un recanvi ossi lent com s'esperaria en una mostra adulta.

- Inserció cubital del LLCM en pacients amb artritis reumatoide

La següent descripció histopatològica es va trobar en la inserció cubital del LLCM a les 14 mostres de casos (12 pacients). Les troballes patològics van ser, per tant, consistents tant dins com entre individus a causa del procés reumàtic. A diferència del quadre histològic vist en individus normals on la

inserció del lligament segueix un patró estandarditzat, les insercions dels lligaments en el grup de casos no van seguir un patró tan uniforme.

Microscòpia de llum polaritzada d'inserció de LLCM reumàtic

Comparant la inserció del LLCM normal amb la de l'articulació malalta, la troballa més obvi va ser la falta de zonificació. La transició a través del fibrocartílag no mineralitzat i mineralitzat no es va observar, sinó que les fibres de col·lagen del lligament es van inserir directament en l'os. La inserció òssia no estava ben establerta, però estava composta per un os immadur, teixit que només es va organitzar com os laminar a mesura que augmentava la distància d'inserció. A més d'aquestes troballes, també es van observar illes de teixit ossi dins el propi teixit dels lligaments (Fig. 14).

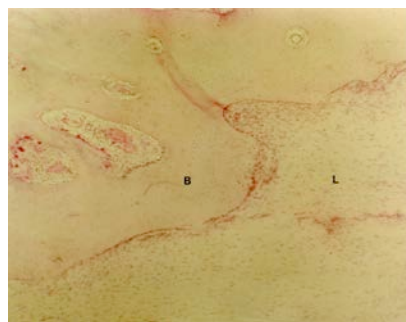


Fig. 14. La transició a través del fibrocartílag no mineralitzat i mineralitzat no s'observa, sinó que les fibres de col·lagen del lligament s'insereixen directament en l'os. **Imatge facilitada per J. Pooley**

Microscòpia de llum d'alta potència

Lligament: L'organització general del teixit lligamentós de la població de casos va ser molt similar a la de la població de control en què hi havia paquets primaris paral·lels de col·lagen amb fibroblasts comprimits en els espais intermedis.

Una troballa addicional va ser la presència d'illes d'os metaplàsic ubicades dins el teixit de lligament (Fig. 15). És evident que aquestes illes òssies s'havien format per metaplàsia ja que els seus marges eren difícils de discernir i sota microscòpia de llum polaritzada seva aparença era similar a la que es mostra a la Fig. 14 en que les fibres de col·lagen del lligament van passar directament a l'os sense passar a través dels intermedis de fibrocartílag. En general, aquestes illes metaplàsiques eren un tipus de teixit ossi, però en alguns casos apareixien els primers signes de maduresa, tal com està tipificat per l'aparició d'una interfície clara del lligament ossi.

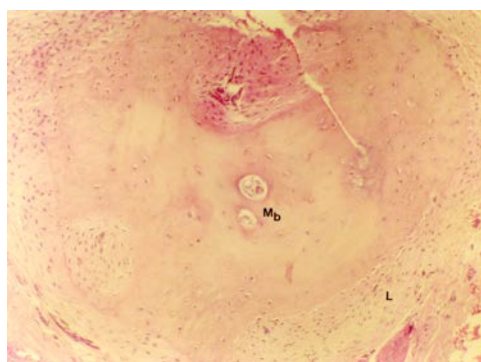
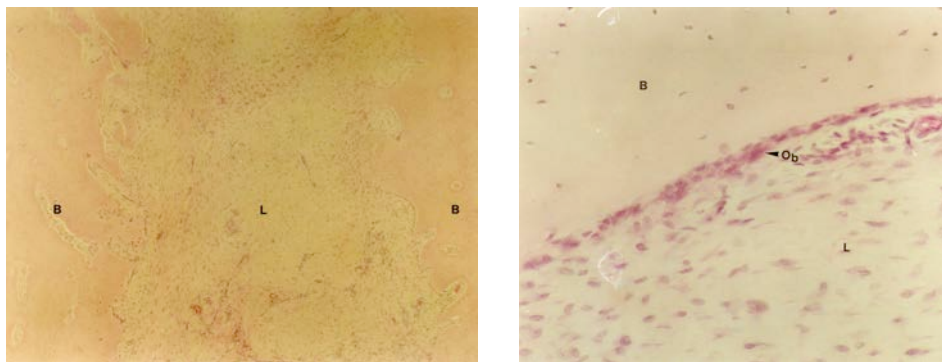


Fig. 15. Presència d'illes d'os metaplàsic ubicades dins el teixit de lligament. **Imatge facilitada per J. Pooley**

Interfície os-ligament: les zones de transició del fibrocartílag entre el lligament i l'os es perdien en les mostres reumatoides. De fet, a l'intentar identificar la regió d'interès a la secció, és a dir, la inserció del lligament en l'os, un problema es va fer evident immediatament perquè l'os es trobava sovint en ambdós costats del lligament o estava interdigitant-se amb el teixit dels lligaments (Fig. 16) de manera que la regió d'inserció del lligament en l'os, a diferència de la que es troba en el grup de control, no va seguir la transició suau estructurada del lligament, mitjançant el fibrocartílag, a l'os.



a)

b)

Fig. 16. a) La inserció del lligament en l'os, l'os es troba sovint en ambdós costats del lligament; b) Els teixits ossis i dels lligaments es van separar només per una capa de osteoblasts que en algunes parts era deficient **imatge facilitada per J. Pooley**

Els teixits ossis i dels lligaments es van separar només per una capa de osteoblasts que en algunes parts era deficient, el que va resultar en un desenfocament de la línia entre el lligament i l'os (Fig. 16).

Os: a més de la troballa d'os teixit immadur en el punt d'inserció del lligament, hi va haver una disminució en la proporció d'osteoblasts a osteoclasts en els espais medul·lars que es troben a l'àrea de l'os on era de el tipus laminar madur. De fet, si bé va ser difícil trobar un osteoclast en el camp de visió a l'observar una secció d'una mostra de control, nombrosos osteoclasts van ser immediatament visibles en totes les mostres de casos.

A més, la distribució dels osteoblasts i els osteoclasts no va ser aleatòria, com es podria esperar si l'os es trobés en un estat de repòs en què els seus components es tornin sense remodelar-los. Es van trobar osteoblasts contra una cara de l'espai medul·lar i osteoclasts contra la cara oposada, el que indica un procés de remodelació direccional (Fig. 17).

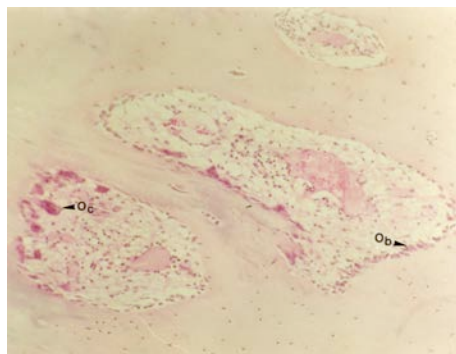


Fig. 17. Osteoblasts contra una cara de l'espai medul·lar i osteoclasts contra la cara oposada, el que indica un procés de remodelació direccional. **Imatge facilitada per J. Pooley**

Dins dels espais medul·lars, es van trobar col·leccions de hemosiderina dins dels macròfags (Fig. 18). Hemosiderina és un producte de descomposició de l'hemoglobina que es diposita com a resultat d'un trauma crònic; en aquesta situació, la seva presència no va poder explicar-se pel trauma quirúrgic incorregut durant l'extracció de la mostra, però va ser indicatiu d'un esdeveniment traumàtic crònic persistent.

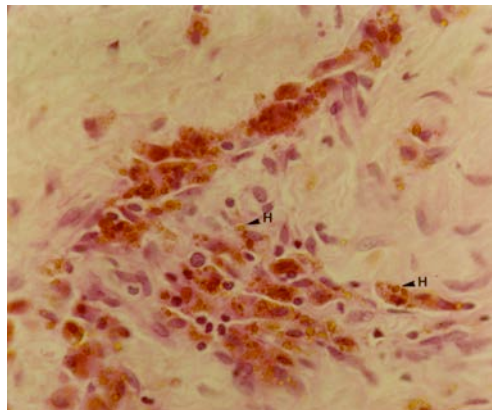


Fig. 18. Col·leccions de hemosiderina dins dels macròfags als espais medul·lars. **Imatge facilitada per J. Pooley**

Teixit sinovial: les troballes del teixit sinovial en el grup de casos es presenten perquè no són totalment compatibles amb el que un esperaria trobar en l'articulació reumatoide. A més de l'aparença extremadament inflamada d'aquest teixit que s'esperava, també es va trobar que hemosiderina com partícules de cartílag cremades: totes dues són evidència d'un esdeveniment traumàtic crònic.

A nivell clínic, no es van trobar cap cas d'instabilitat de colze postquirúrgica després de la divisió del LLCM durant la implantació de l'ATC sense frontissa en el grup d'artritis reumatoide i en va comprovar absència de contractura en flexió, amb una millora del rang d'extensió postoperatori.

El LLCM és triangular i està compost per un feix anterior i un de posterior amb un feix oblic o transversal més prim. El feix transvers o oblic no és una troballa consistent i s'ha trobat que està absent en alguns colzes (70,85) i té poc paper en l'estabilitat de el colze perquè s'origina i s'insereix en el cúbit (85,86).

Les il·lustracions clàssiques de l'origen del LLCM mostren que el lligament sorgeix com un feix discret des del vèrtex de l'epicòndil medial, però, treballs més recents han demostrat que això és incorrecte en dos aspectes. En primera instància, ara se sap que el LLCM sorgeix de la superfície inferior de l'epicòndil medial com es veu en el pla anteroposterior (70,73,87,88); i en segon lloc, els feixos anterior i posterior tenen orígens separats com es veu en la projecció lateral (73). El feix anterior s'eixampla lleugerament de proximal a distal i es pot subdividir en bandes anterior i posterior d'amples iguals que irradien des del seu origen en l'epicòndil medial per inserir-se al tubercle del procés coronoide adjacent a la superfície de l'articulació en el cúbit prop del tubercle sublimis (70,78) i el feix posterior al marge medial del procés de olècranon. El feix transversal abasta la distància entre aquestes dues insercions.

Els feixos anterior i posterior del LLCM causa dels seus orígens separats en l'húmer, que es troba darrere de l'eix del moviment de l'articulació, creen un

efecte de lleva durant la flexió de colze. El resultat d'això és que diferents parts del LLCM estan tenses en diferents punts durant el rang complet de flexió i extensió. Les fibres de la banda anterior de el feix anterior del LLCM estan tenses al llarg de la flexió i l'extensió (73,76,89), mentre que les fibres de la banda posterior estan tenses només a la flexió (76). Callaway, et al. van descriure això més detalladament quan van trobar que el feix anterior del LLCM (LLCMA) era la restricció primària per a la rotació en valg a 30,60 i 90 graus de flexió i que les bandes anterior i posterior del feix anterior eren restriccions primàries als 120 graus de flexió. Fuss va descobrir que les fibres LLCMA es tibaven en tota la seva extensió, que les fibres del feix posterior del LLCM (LLCMP) estaven tenses en posicions entre la flexió mitjana i completa, i un tercer grup de fibres que sempre està tensa, l'anomenat "paquet guia".

Les proves biomecàniques han establert el feix anterior del LLCM com l'estabilitzador principal de l'articulació sana del colze contra l'estrès en valg (70,71,74–77,90–93). L'augment de l'obertura de l'articulació medial a l'estrès en valg després de la transecció de la LLCMA també s'ha observat per via artroscòpica (78). No obstant això, alguns autors que van realitzar aquests experiments en espècimens osteoligamentosos normals de colze cadavèric han emfatitzat que sense l'estabilització muscular, els resultats poden diferir de la cinemàtica de el colze a la situació in vivo (90). Les observacions experimentals també han demostrat que un colze es pot dislocar posteriorment fins i tot amb un LLCMA intacte (94) i això s'ha confirmat amb l'experiència clínica que un LLCM funcionalment intacte no es correlaciona necessàriament amb l'estabilitat articular (95). Per tant, és probable que el feix anterior del

LLCM no actuï sol, sinó que actuï juntament amb factors articulars i musculars per contribuir a l'estabilitat articular (75,76).

En aquest estudi, l'aparença histològica de la inserció cubital del LLCM en l'articulació de colze humà normal va ser consistent tant dins com entre els donants, el que suggereix un alt grau de consistència en aquesta característica anatòmica. Tot i que aquestes mostres normals es van obtenir de material post-mortem on la autòlisi i la descomposició tenen el potencial d'ocórrer, no hi va haver evidència que aquests esdeveniments hagin tingut lloc en les seccions obtingudes. Per tant, el fet que el material emprat com a grup de control no fos fresc no ha estat important per afectar el resultat de l'estudi.

Les troballes del present estudi són consistents amb els estudis previs d'insercions de lligaments animals preses d'articulacions diferents de l'articulació de colze (96,97) que suggereixen que les troballes d'aquest treball podrien aplicar-se a altres insercions lligamentoses en altres punts del cos humà. Per tant, considerem que aquesta documentació de la disposició histològica normal de la inserció cubital del LLCM és una troballa significativa.

Les mostres histopatològiques de la inserció cubital del LLCM, ja que es veu afectat per la malaltia reumatoide, s'han documentat de manera qualitativa.

Aquestes troballes són aplicables només a aquells pacients on la artritis reumatoide és prou incapacitant com per justificar la implantació d'una artroplàstia total de colze i, com a tal, s'han d'interpretar d'aquesta manera. No

se sap en quina etapa del procés reumatoide comencen a desenvolupar-se aquests canvis histopatològics.

El quadre general format per aquestes troballes s'ajusta a el d'un esdeveniment traumàtic crònic que produeix sagnat tant en els teixits tous com en l'os (d'aquí la presència d'hemosiderina) i provoca una interrupció de la inserció quiescent normal del lligament en l'os a través de la seva zona de transició no mineralitzada i després mineralitzada del fibrocartílag com es troba en el grup de control normal. La ossificació dels teixits tous, tal com es troba en el LLCM, s'observa en una varietat de lesions, com la dislocació de colze i les següents condicions que requereixen un exercici passiu forçat (98). Les dues condicions suggereixen que l'ossificació vista al LLCM es produeix com a resultat de la tracció crònica exercida sobre la inserció del lligament. Això explicaria per què es va veure remodelació de l'os adjacent a la inserció ja que, segons la Llei de Wolff (99), "la forma que s'està donant, l'os s'adapta a les càrregues aplicades". Per tant, si la interfície os-lligament es sotmetés contínuament a tracció, això alteraria el patró de càrrega experimentat per l'os que es troba sota de la regió d'inserció del lligament. Això donaria lloc a una remodelació òssia que es caracteritza per un augment en el nombre de cèl·lules, tant osteoblasts com osteoclasts.

No s'ha intentat classificar aquestes mostres quantitativament degut a les nombroses variables que podrien haver afectat la mesura de resultat, ja que la mostra clínica exacta varia de pacient a pacient i va ser difícil estandarditzar el nivell a què es van prendre les seccions. A més, si el quadre histopatològic

hagués variat amb la profunditat, això podria haver resultat en una selecció esbiaixada d'espècimens.

Malgrat això, els resultats d'aquest estudi són rellevants, ja que fa llum sobre els efectes de l'artritis reumatoide en els estabilitzadors de teixits tous de l'articulació, així com l'articulació en si. Esperem que sigui suficient en aquesta etapa per qualificar aquestes troballes ja que, segons els criteris anteriors, les poblacions de casos i controls es van excloure mútuament. Hem establert que el LLCM està malalt al colze reumatoide. Per tant, és poc probable que el LLCM funcioni en l'articulació reumatoide com l'estabilitzador primari contra l'estrès en valg, un fet que refuta la idea que el LLCM s'ha de conservar durant un ATC (73,79,81). Les troballes del present estudi validen les recomanacions clíniques de Kudo, et al. a on el LLCM es podria sacrificar sense una pèrdua significativa d'estabilitat, i l'alliberament d'aquest lligament va permetre un millor rang de moviment en els colzes que estaven rígids i contrets. Aquest grup (100) va informar els resultats d'un assaig prospectiu en el qual van assignar aleatòriament pacients sotmesos a ATC per la malaltia reumatoide de colze a dos grups: un en què el LLCM s'havia seccionat completament i l'altre al que el LLCMA es va conservar. Van trobar que els pacients que tenien una secció completa del LLCM tenien una millor taxa de supervivència protèsica, menys restricció de l'extensió de colze i una progressió posterior de la formació de la línia radiolúcida. Aquest resultat clínic pot explicar-se en part pel fet que el LLCM no actua només per proporcionar estabilitat a l'articulació de colze.

L'evidència que suggereix que el LLCM és l'estructura estabilitzadora de teixit tou més important de el colze s'ha basat en material de cadàver in vitro (74) o

en estudis de casos clínics amb traumatismes de colze que involucren el LLCM en combinació amb altres estructures incloent l'os (76). Floris, et al. però, al descriure l'anatomia i la cinemàtica del LLCM en preparacions osteoligamentoses de colze normals de cadàver, van advertir que els resultats poden diferir de la situació in vivo. Les conclusions extreïdes d'aquests estudis estan clarament en desacord amb les observacions realitzades en la pràctica clínica, que un LLCM malalt pot extirpar-se sense comprometre l'estabilitat de l'articulació (100,101). Van observar, particularment en pacients reumàtics, que es desenvolupava un creixement ossi en l'aspecte medial de l'olècranon i s'estenia cap a la base de l'epicòndil medial de l'húmer. Aquesta era una característica constant que es trobava en les radiografies dels seus pacients derivats per ATC (Fig. 13). Aquest creixement ossi és fàcilment identificable en la cirurgia i s'escindeix de manera rutinària juntament amb la resta del LLCM de què és inseparable. Segons l'experiència del grup de Pooley, van trobar que això era beneficiós en dos aspectes: en primer lloc, permetia una exposició àmplia de l'articulació i, en segon lloc, disminuïa de manera significativa qualsevol contractura en flexió de l'articulació de colze que pogués estar present preoperatòriament.

Per tant, van proposar que els canvis histopatològics observats en la inserció cubital del LLCM suggeririen una lesió crònica per tracció, com s'explicaria per moviments excessius fora de l'eix. Aquest fenomen també ha estat observat per Mulligann, et al. qui van postular que pot ser resultat d'estrès agut o crònic. Aquest procés ocorre en la formació de "estímul de tracció" en altres localitzacions, per exemple, al lligament col·lateral medial de l'articulació del

genoll en la condició coneguda comunament pel seu nom com malaltia de Pellegrini-Stieda (102). Amb l'estrès crònic, poden desenvolupar-se canvis progressius en les estructures dels lligaments, que es poden descriure en quatre etapes: edema i inflamació, cicatrització, calcificació i ossificació al lligament. La histopatologia resultant és perjudicial per a la funció del LLCM com un estabilitzador de teixits tous de l'articulació, el que finalment resulta en la deformació de l'articulació.

Joseph Pooley i col·laboradors van concloure a la llum d'aquest estudi:

- En pacients amb malaltia reumàtica greu que requereixin cirurgia d'ATC, el lligament colateral medial està constantment malalt i generalment està ossificat
- L'ossificació dins del lligament col·lateral medial es pot observar radiogràficament en la majoria de pacients amb artritis reumatoide que requereixen cirurgia d'ATC i això forma un "esperó de tracció" que té l'origen de la vora medial de l'olècranon. Això indica que es produeix un grau de moviment medial/lateral en aquests colzes que es tradueix en que el lligament col·lateral medial no funciona i pot contribuir a la deformació articular.
- L'excisió del lligament col·lateral medial malalt del colze juntament amb la seva inserció ulnar ossificada és un pas important en l'ATC, ja que permet obtenir una exposició àmplia de l'articulació i millora el rang

d'extensió observat postoperatòriament sense perjudicar l'estabilitat articular.

2.2.6.5. Abordatge quirúrgic

La incisió comença a la línia mitja uns 10-12 cm proximal a la punta de l'olècranon i acaba uns 8-10 cm distalment sobre la vora subcutània del cúbit (Fig. 19).

La pell i els teixits subcutanis es reflecteixen juntament amb la capa profunda de la fàscia superficial. Recomanem mantenir les sutures en lloc dels retractors (Fig. 20).

Encara que els llibres de text fan referència al tendó del tríceps, la inserció del tríceps és essencialment muscular.

El múscul està cobert per un engruiximent de la fàscia profunda de la aponeurosis del tríceps, una extensió profunda d'aquesta constitueix un septe o aponeurosi intermuscular que separa el ventre lateral dels tríceps dels ventres medial i llarg.

El septe o aponeurosi intermuscular és fàcilment palpable i es pot resseguir al llarg de la línia que indica la fletxa (Fig. 21).

El nervi cubital es localitza, començant sovint a nivell proximal.

El nervi cubital es descomprimeix dividint el sostre del túnel cubital entre els dos caps del *flexor carpi ulnaris*, després es retira i es protegeix durant la resta del procediment. Es fa una incisió transversa a través de l'aponeurosi dels

tríceps, començant a nivell de l'aponeurosi intermuscular, a uns 8 a 10 cm proximals a la punta de l'olècranon.

La incisió es dirigeix distalment a través de l'aponeurosi que recorre el ventre lateral del tríceps i la fàscia que cobreix l'anconal per acabar a la vora subcutània del cúbit.

L'aponeurosi dels tríceps es separa fàcilment del múscul subjacent i després es pot separar de l'aponeurosi intermuscular mitjançant dissecció aguda (Fig. 22).

La solapa distal de l'aponeurosi tríceps es replega i es fixa amb una sutura.

L'anconal es separa de la seva inserció de la vora subcutània del cúbit per dissecció aguda. La dissecció es continua de manera proximal separant la inserció del ventre lateral del tríceps des de la vora posterior de l'olècranon.

El ventre lateral del tríceps es separa de l'aponeurosi intermuscular. En dirigir el bisturí al llarg de la línia de les fibres, no es divideix cap fibra del teixit muscular (Fig. 23-24).

En aquesta etapa, el ventre lateral del tríceps es pot retirar amb l'anconal com una sola unitat. Es fa una incisió al llarg de la vora medial dels 2-3 cm distals de l'aponeurosi o septe intermuscular per separar-lo del ventre medial i profund del tríceps. Aquesta incisió es porta a l'olècranon. L'aponeurosi o septe intermuscular es divideix 2 cm proximal a la seva inserció a l'olècranon. La part distal de l'aponeurosis intermuscular es pot assegurar i fixar també convenientment amb una sutura (Fig. 25).

Els separadors s'insereixen al voltant del coll radial per protegir les estructures anteriors (particularment la branca profunda del nervi radial).

La dislocació del colze es realitza flexionant l'articulació i es pot ajudar d'un elevador col·locat a la punta de l'apòfisi coronoide.

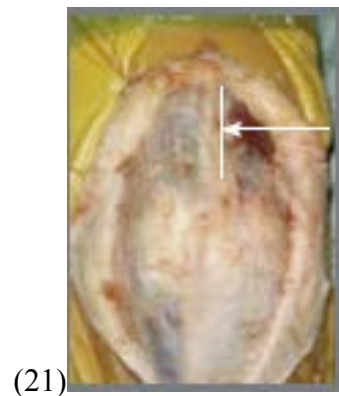
En el cas d'artroplàstia, aquesta maniobra també ajuda per a la realització la alliberació de la càpsula anterior i millora l'exposició particularment en colzes osteoartrítics retrets. Un cert grau de contractura de flexió sovint persisteix en aquesta etapa.

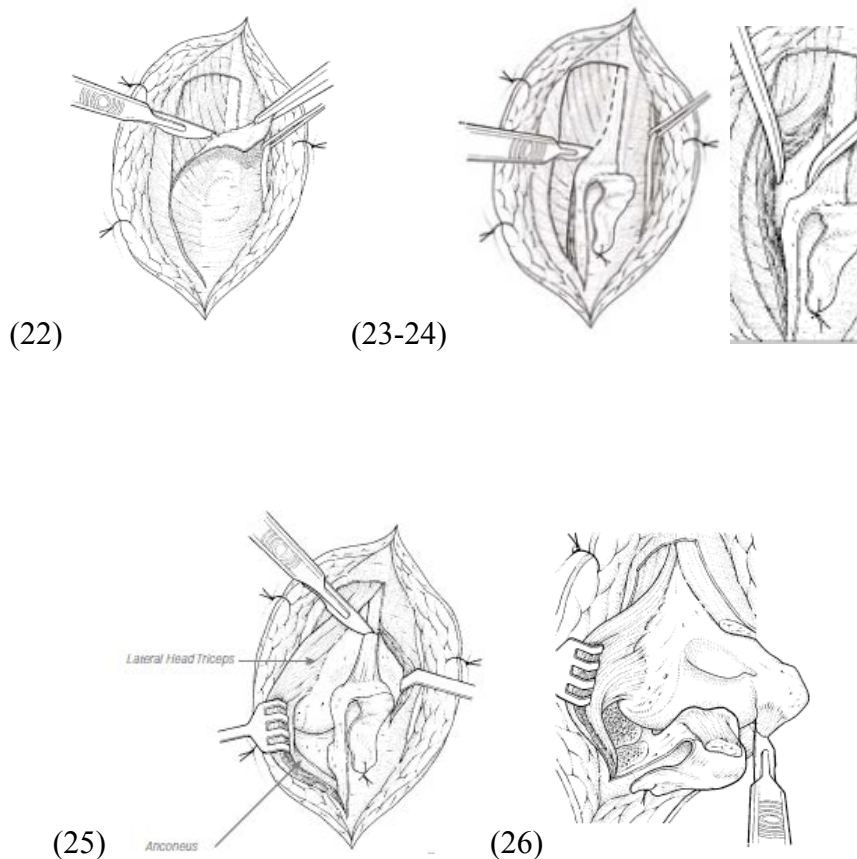
Una completa dislocació només s'evita amb la càpsula de la articulació medial intacta (l'ligament colateral ulnar i esperó ossi associat) (Fig. 26).

L'escissió d'aquest teixit permet completar la dislocació i proporciona una àmplia exposició de les superfícies articulars.

L'exposició es pot millorar encara més en pacients amb una marcada contractura de flexió preoperatòria elevat la càpsula anterior de l'articulació de l'aspecte anterior de l'apòfisi coronoide.

Després de l'excisió d'estructures medials concretes s'aconsegueix pràcticament una extensió completa.





Figures 19-26. Abordatge de Newcastle. Exposició quirúrgica. *Pooley J. Elbow arthroplasty. A guide for orthopaedic surgeons using the iBP elbow system.*

2.2.6.6. Reconstrucció de les parts toves

Quan la osteosíntesi o l'artroplàstia total de colze està implantada, es procedeix a la reducció de l'articulació.

El primer pas per obtenir un bon balanç dels teixits tous és reparar l'aponeurosi intermuscular dividida.

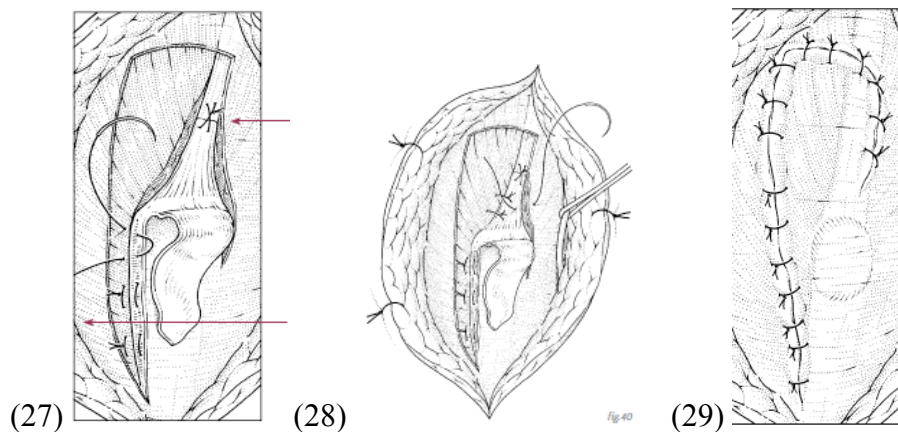
Seguidament l'anconal es torna a reinsertar a la vora subcutània del cúbit per sutures que passen per la vora lliure del múscul, després per la fàscia profunda i tornen per la vora lliure del múscul de nou (Fig. 27).

Aquesta reparació es continua proximalment per sutura del ventre lateral del tríceps fins a la vora lateral de l'aponeurosi intermuscular.

La capa profunda del tancament es completa mitjançant la sutura de la vora lliure dels ventres llargs i profunds del tríceps fins a la vora mitjana de l'aponeurosi intermuscular (Fig. 28).

La reparació fascial profunda es duu a terme mitjançant la sutura de la fàscia que cobreix l'anconal i l'aponeurosi del tríceps reflectida al llit (Fig. 29).

No acostumem a deixar un drenatge abans de tancar la capa subcutània i la pell, ja que sovint deixem la isquèmia abans de tancar per controlar qualsevol punt sagnant.



Figures 27-29. Abordatge de Newcastle. Reconstrucció de les parts toves. *Pooley J. Elbow arthroplasty. A guide for orthopaedic surgeons using the iBP elbow system.*

2.2.6.7. Control postoperatori

Apliquem un embenat encoixinat que s'estén des del nivell en què es va aplicar el torniquet al canell al final del procediment. Si hi ha preocupació per la qualitat dels teixits tous durant el tancament de la ferida també s'aplica una fèrula de

guix que es conserva fins que s'eliminen les sutures de la pell. El primer dia postoperatori s'obté una radiografia postoperatòria. Si això és satisfactori, tret que hi hagi preocupació pel tancament dels teixits tous, a la setmana es comencen els exercicis de flexió. Es flexiona fins l'aparició de molèsties i s'explica que no han de passar d'aquest grau de flexió. La fisioteràpia supervisada s'inicia a les tres setmanes fins que s'aconsegueix una flexió funcional de sis setmanes.

Utilitzem aquest abordatge al nostre centre sempre per tractar qualsevol patologia de colze que requereixi abordatge posterior.

Per tant, davant una fractura supracondílica de colze, l'abordatge de Newcastle ens permet realitzar la osteosíntesi així com la implantació d'una artroplàstia en fractures no sintetitzables.

A més, ens permet intentar realitzar la osteosíntesi de fractures complexes, i si una vegada exposada la fractura creiem que no es possible la seva reconstrucció, canviem la indicació ja que, en aquests casos, tenim preparada sempre una artroplàstia de rescat.

3. Bibliografia

1. Sanchez-Sotelo J, Torchia ME, O'Driscoll SW. Complex distal humeral fractures: internal fixation with a principle-based parallel-plate technique. *J Bone Jt Surgery-A*. 2008;90(Suppl 2):31–46.
2. Gabel GT, Hanson G, Bennett JB, Noble PC, Tullos HS. Intraarticular fractures of the distal humerus in the adult. *Clin Orthop Relat Res*. 1987; (216) :99–108.
3. Pooley J, Salvador Carreno J. Total elbow joint replacement for fractures in the elderly-Functional and radiological outcomes. *Injury* .2015 ;46 (Suppl.5):S37–42.
4. Helfet DL, Hotchkiss RN. Internal fixation of the distal humerus: a biomechanical comparison of methods. *J Orthop Trauma* .1990;4(3):260–4.
5. 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. *J Trauma Inj Infect Crit Care* . 2009;66(3):795–9
6. Arnander MWT, Reeves A, MacLeod I A R, Pinto TM, Khaleel A. A biomechanical comparison of plate configuration in distal humerus fractures. *J Orthop Trauma*. 2008;22:332–6.
7. Penzkofer R, Hungerer S, Wipf F, Von Oldenburg G, Augat P. Anatomical plate configuration affects mechanical performance in distal humerus fractures. *Clin Biomech*. 2010;25(10):972–8.

8. Schemitsch EH, Tencer AF, Henley MB. Biomechanical evaluation of methods of internal fixation of the distal humerus. *J Orthop Trauma* . 1994;8(6):468–75.
9. Schuster I, Korner J, Arzdorf M, Schwieger K, Diederichs G, Linke B. Mechanical comparison in cadaver specimens of three different 90-degree double-plate osteosyntheses for simulated C2-type distal humerus fractures with varying bone densities. *J Orthop Trauma*. 2008;22(2):113–20.
10. Stoffel K, Cunneen S, Morgan R, Nicholls R, Stachowiak G. Comparative stability of perpendicular versus parallel double-locking plating systems in osteoporotic comminuted distal humerus fractures. *J Orthop Res*. 2008;26(6):778–84.
11. Zalavras CG, Vercillo MT, Jun BJ, Otarodifard K, Itamura JM, Lee TQ. Biomechanical evaluation of parallel versus orthogonal plate fixation of intra-articular distal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011;20(1):12–20.
12. Wang J-P, Shen W-J, Chen W-M, Huang C-K, Shen Y-S, Chen T-H. Iatrogenic radial nerve palsy after operative management of humeral shaft fractures. *J Trauma* . 2009;66(3):800–3.
13. Fajolu O, Iyengar K, Litts CS. Evidence Based Medicine: distal humerus fractures: handling of the ulnar nerve. *YJHSU*. 2012;37:1696–8.
14. Coles CP, Barei DP, Nork SE, Taitzman LA, Hanel DP, Bradford Henley M. The olecranon osteotomy: a six-year experience in the treatment of intraarticular fractures of the distal humerus. *J Orthop Trauma* . 2006;20(3):163–70.

15. Ring D, Gulotta L, Chin K, Jupiter JB. Olecranon osteotomy for exposure of fractures and nonunions of the distal humerus. *J Orthop Trauma*. 2004;18(7):446–9.
16. Hewins EA, Gofton WT, Dubberly J, MacDermid JC, Faber KJ, King GJW. Plate fixation of olecranon osteotomies. *J Orthop Trauma*. 2007;21(1):58–62.
17. Li S, Li Z, Cai Z, Zhu Y, Shi Y, Liou J, et al. Bilateral plate fixation for type C distal humerus fractures: experience at a single institution. *Int Orthop* . 2011;35(3):433–8.
18. Amirfeyz R, Clark D, Quick T, Blewitt N. Newcastle approach to the elbow, a cadaveric study. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2011;131(6):747–51.
19. Anari JB, Neuwirth AL, Carducci NM, Donegan DJ. Pediatric T-condylar humerus fractures: a systematic review. *J Pediatr Orthop*. 2015;(37):36–40.
20. Popkin CA, Rosenwasser KA , Ellis HB. Pediatric and adolescent T-type distal humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. 2017; 1(8): e040.
21. Tomori Y, Sudo Y, Iizawa N, Nanno M. Intercondylar fracture of the distal humerus in a 7-year-old child. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96(6): e6085.
22. Leffert RD. Anterior submuscular transposition of the ulnar nerves by the Learmonth technique. *J Hand Surg Am* .1982;7(2):147–55.
23. Dellon AL, Mackinnon SE. Injury to the medial antebrachial cutaneous nerve during cubital tunnel surgery. *J Hand Surg Am*.1985;10(1):33–6.

24. Chang CW, Cho HK, Oh SJ. Posterior antebrachial cutaneous neuropathy: case report. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1989;29:109–11.
25. Graham B, Adkins P, Scheker LR. Complications and morbidity of the donor and recipient sites in 123 lateral arm flaps. *J Hand Surg-Br.* 1992;17(2):189–92.
26. Dowdy PA, Bain GI, King GJ, Patterson SD. The midline posterior elbow incision. An anatomical appraisal. *J Bone Joint Surg -Br .* 1995;77(5):696–9.
27. Pearl RM, Johnson D. The vascular supply to the skin: an anatomical and physiological reappraisal--Part I. *Ann Plast Surg .*1983 ;11(2):99–105.
28. Pearl RM, Johnson D. The vascular supply to the skin: an anatomical and physiological reappraisal--Part II. *Ann Plast Surg.* 1983;11(3):196–205.
29. Campbell WC. Incision for exposure of the elbow joint. *Am J Surg .* 1932 ;15(1):65–7.
30. Van Gorder GW. Surgical Approach in supracondylar “T” fractures of the humerus. *J Bone Jt Surg- Am .* 1940;22:278-92.
31. T K. *Textbook of operative surgery*, 3rd ed. Adam and Charles Black, editor. London; 1911. 314–319 p.
32. Bryan RS, Morrey BF. Extensive posterior exposure of the elbow. A triceps-sparing approach. *Clin Orthop Relat Res.* 1982;(166):188–92.
33. Alonso-Llames M. Bilateral tricipital approach to the elbow. Its application in the osteosynthesis of supracondylar fractures of the humerus in children. *Acta Orthop Scand .*1972;43(6):479–90.

34. Patterson SD, Bain GI, Mehta JA. Surgical approaches to the elbow. Clin Orthop Relat Res . 2000;(370):19–33.
35. Wadsworth TG. A modified posterolateral approach to the elbow and proximal radioulnar joints. Clin Orthop Relat Res. 1979;(144):151–3.
36. Morrey BF, Bryan RS, Dobyns JH, Linscheid RL. Total elbow arthroplasty. A five-year experience at the Mayo Clinic. J Bone Jt Surg Am. 1981;63(7):1050–63.
37. Garcia-Germán D, Delgado AD. Fracturas de la extremidad distal del húmero. Disponible a: Curso COT. 2013: p. 1–17.
38. Morrey BF. Limited and extensile triceps reflecting exposures of the elbow. A: The elbow: master techniques in orthopaedic surgery. New York: Raven Press; 1994:p.3-19.
39. Wolfe SW, Ranawat CS. The osteo-anconeus flap. An approach for total elbow arthroplasty. J Bone Jt Surg -Am. 1990;72(5):684–8.
40. Mac Ausland WR. Ankylosis of the elbow. J Am Med Assoc. 1915 ;LXIV(4):312.
41. Wagener ML, Driesprong M, Heesterbeek PJC, Verdonschot N, Eygendaal D. Biomechanical evaluation of three different fixation methods of the Chevron osteotomy of the olecranon: an analysis with Roentgen Stereophotogrammatic Analysis. Clin Biomech. 2013;28(7):752–6.
42. Lawrence TM, Ahmadi S, Morrey BF, Sánchez-Sotelo J. Wound complications after distal humerus fracture fixation: incidence, risk factors, and outcome. J Shoulder Elbow Surg . 2014;23(2):258–64.

43. Wilkinson JM, Stanley D. Posterior surgical approaches to the elbow: a comparative anatomic study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2001;10(4):380–2.
44. Pooley J SR. Elbow arthroplasty. A guide for orthopaedic surgeons using the iBP elbow system. 2000.
45. Gray H. *Anatomy of the human body*]. Philadelphia: Lea & Febiger; 1918.
46. Athwal GS, McGill RJ, Rispoli DM. Isolated avulsion of the medial head of the triceps tendon: an anatomic study and arthroscopic repair in 2 cases. *J Arthrosc Relat Surg.* 2009;25(9):983–8.
47. Keener JD, Chafik D, Kim HM, Galatz LM, Yamaguchi K. Insertional anatomy of the triceps brachii tendon. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19(3):399–405.
48. Madsen M, Marx RG, Millett PJ, Rodeo SA, Sperling JW, Warren RF. Surgical anatomy of the triceps brachii tendon. *Am J Sports Med* . 2006;34(11):1839-43.
49. Celli A, Arash A, Adams RA, Morrey BF. Triceps insufficiency following total elbow arthroplasty. *J Bone Jt Surg- Am.* 2005;87(9):1957–64.
50. Shahane SA, Stanley D. A posterior approach to the elbow joint. *J Bone Joint Surg -Br.*1999;81(6):1020–2.
51. Studer A, Athwal GS, MacDermid JC, Faber KJ, King GJ. The lateral para-olecranon approach for total elbow arthroplasty. *J Hand Surg- Am* . 2013;38(11):2219-26 e3.
52. Khiami F, Tavassoli S, De Ridder Baeur L, Catonné Y, Sariali E. Distal partial ruptures of triceps brachii tendon in an athlete. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98(2):242–6.

53. Eygendaal D. Ligamentous reconstruction around the elbow using triceps tendon. *Acta Orthop Scand*. 2004;75(5):516–23.
54. Moritomo H, Tada K, Yoshida T, Kawatsu N. Reconstruction of the coronoid for chronic dislocation of the elbow. Use of a graft from the olecranon in two cases. *J Bone Jt Surg -Br*.1998;80(3):490–2.
55. O’Driscoll SW. Arthroscopic treatment for osteoarthritis of the elbow. *Orthop Clin North Am*. 1995;26(4):691–706.
56. Van Riet RP, Morrey BF, Ho E, O’Driscoll SW. Surgical treatment of distal triceps ruptures. *J Bone Joint Surg- Am*. 2003;85(10):1961–7.
57. Barco R, Sánchez P, Morrey ME, Morrey B, Sánchez-Sotelo J. The distal triceps tendon insertional anatomy-implications for surgery. *J Shoulder Elbow Surg Open Access*. 2017;1:98–103.
58. Yeh PC, Stephens KT, Solovyova O, Obopilwe E, Smart LR, Mazzocca AD, et al. The distal triceps tendon footprint and a biomechanical analysis of 3 repair techniques. *Am J Sports Med* . 2010;38(5):1025–33.
59. Downey R, Jacobson JA, Fessell DP, Tran N, Morag Y, Kim SM. Sonography of partial-thickness tears of the distal triceps brachii tendon. *J Ultrasound Med*. 2011;30(10):1351–6.
60. Heikenfeld R, Listringhaus R, Godolias G. Endoscopic repair of tears of the superficial layer of the distal triceps tendon. *J Arthrosc Relat Surg*. 2014;30(7):785–9.
61. Tagliafico A, Gandolfo N, Michaud J, Perez MM, Palmieri F, Martinoli C. Ultrasound demonstration of distal triceps tendon tears. *Eur J Radiol*. 2012;81(6):1207–10.

62. Belentani C, Paste D, Wangwinyuvirat M, Dirim B, Trudell DJ, Haghghi P, et al. Triceps brachii tendon: anatomic-MR imaging study in cadavers with histologic correlation. *Skeletal Radiol.* 2009;38(2):171–5.
63. Ganeshan RM, Keerthi N. Isolated medial head of triceps rupture. *BMJ Case Rep.* 2014;2014:1–3.
64. Murray WM, Delp SL, Buchanan TS. Variation of muscle moment arms with elbow and forearm position. *J Biomech.* 1995;28(5): 513-25.
65. Lee MJ. *Grant's Atlas of Anatomy.* 10th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 1999: p. 449–64.
66. Gosling JA, Harris PF, Humpherson JR, Whitmore I WP. *Human Anatomy.* 3er ed. London: Mosby-Wolfe; 1996.
67. Sinnatamby CS. *Last's Anatomy: Regional and Applied.* 12th ed. London; Churchill Livingstone; 2011
68. Romanes GJ. *Cunningham's Textbook of Anatomy.* 12th ed. Reino Unido. Oxford University Press; 1981.
69. Linscheid RL , Wheeler DK. Elbow dislocations. *JAMA.* 1965; 194(11): 1171-6.
70. Callaway GH, Field LD, Deng XH, Torzilli PA, O'Brien SJ, Altchek DW WR. Biomechanical evaluation of the medial collateral ligament of the elbow. *J Bone Jt Surg -Am.* 1997;79:1223–31.
71. Hotchkiss RN , Weiland AJ. Valgus instability of the elbow. *J Orthop Res.* 1987;5:372–7.
72. King GJW, Morrey BF . Stabilizers of the elbow. *J Shoulder Elbow Surg.* 1993;2:165–74.

73. Morrey BF, An KN. Functional anatomy of the ligaments of the elbow. *Clin Orthop*. 1985;201:84–90.
74. Morrey BF, Tanaka S, An KN. Valgus stability of the elbow: a definition of primary and secondary constraints. *Clin Orthop*. 1991;265:187–95.
75. Norwood LA, Shook JA, Andrews JR. Acute medial elbow ruptures. *Am J Sport Med*. 1981;9:16–9.
76. Schwab GH, Bennett JB, Woods WW, Tullos HS. Biomechanics of elbow instability: the role of the medial collateral ligament. *Clin Orthop*. 1980;146:42–52.
77. Sojbjerg JO, Ovesan J NS. Experimental elbow instability after transection of the medial collateral ligament. *Clin Orthop*. 1987;218:186–90.
78. Timmerman LA AJ. Histology and arthroscopic anatomy of the ulnar collateral ligament of the elbow. 1994; 22 (5): 667 - 673
79. Ewald FC. Total elbow replacement. *Orthop Clin North Am*. 1975;(6):685–96.
80. Gschwend N, Simmen BR, Matejovsky Z. Late complications in elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 1996;5(2 Pt 1):86–96.
81. Souter WA, Nicol AC. Anatomical trochlear stirrup arthroplasty of the rheumatoid elbow. *J Bone Jt Surg -Br*. 1985;(67):676.
82. O’Driscoll SW, King GJ. Treatment of instability after total elbow arthroplasty. *Orthop Clin North Am*. 2001;(32):679–95.
83. Herren DB, O’Driscoll SW AK. Role of collateral ligaments in the GSB-linked total elbow prosthesis. *J Shoulder Elbow Surg*. 2001;(10):260–4.

84. Itoi E, King GJW, Morrey BF, An KN. Stabilizers of capitellocondylar total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 1992;(1):271–9.
85. Cohen MS, Bruno RJ. The collateral ligaments of the elbow – Anatomy and clinical correlation. *Clin Orthop.* 2001;(383):123–30.
86. Floris S, Olsen BoS, Dalstra M, Sojbjerg J, Sneppen O. The medial collateral ligament of the elbow joint: anatomy and kinematics. *J Shoulder Elbow Surg.* 1998;4(7):345–51.
87. Fuss FK. The ulnar collateral ligament of the human elbow joint. Anatomy, function and biomechanics. *J Anatomy.* 1991;(175):203–12.
88. O’Driscoll SW, Jalszynski R, Morrey BF, An KN. Origin of the medial ulnar collateral ligament. *J Hand Surg-Am.* 1992;(17):164–8.
89. Gutierrez LS. A contribution to the study of the limiting factors of elbow extension. *Acta Anat (Basel).* 1964;(56):146–56.
90. Eygendaal D, Olsen BoS, Jensen SL, Seki A SJ. Kinematics of partial and total ruptures of the medial collateral ligament of the elbow. *J Shoulder Elbow Surg.* 1999;(8):612–6.
91. Josefsson Po JO. , Johnell O, Wendeberg B. *Clin Orthop.* 1987;(221):221–5.
92. Morrey BF , An KN. Articular and ligamentous contributions to the stability of the elbow joint. *Am J Sport Med.* 1983;11:315–9.
93. Tullos HS, Schwab G, Bennett JB WG. Factors influencing elbow instability. *Instr Course Lect.* 1981;(30):185–99.
94. O’Driscoll SW, Morrey BF, Korinek S An KN. Elbow subluxation and dislocation. A spectrum of instability. *Clin Orthop.* 1992;(280):186–97.

95. O'Driscoll SW, Morrey BF, Korinek SL, An KN. Can the elbow dislocate with an intact medial collateral ligament?. *Orthop Trans.* 1990;(14):488.
96. Cooper RR, Misol S. Tendon and ligament insertion. A light and electron microscopic study. *J Bone Jt Surg -Am.* 1970;52(170):1–20.
97. Cormack DH. *Ham's histology.* Philadelphia: Lippincott; 1987.
98. Anderson JR. *Muir's textbook of pathology.* London: Edward Arnold; 1985.
99. Black J. *Orthopaedic biomaterials in research and practice.* New York:Churchill Livingstone, 1988
100. Tanaka N, Kudo H, Iwano K, Sakahashi H, Sato E IS. Kudo total elbow arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis. *J Bone Jt Surg- Am.* 2001;10(83):1506–13.
101. Kudo H, Iwano K Watanabe S. Total replacement of the rheumatoid elbow with a hingeless prosthesis. *J Bone Jt Surg -Am.* 1980;(62):277–85.
102. Mulligan SA, Schwartz ML, Broussard MF, Andrews JR. Heterotopic calcification and tears of the ulnar collateral ligament: Radiographic and MR imaging findings. *Am J Roentgenol.* 2000;4(175):1099–102.

4. Resum i discussió dels resultats

El resum i discussió dels resultats presentats als dos articles sobre l'ús de l'abordatge posterior de colze o abordatge de Newcastle son:

4.1.

Salvador J, Castillón P, Fuentes I, Bernaus M, Anglès F. Tratamiento de fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2017; 61(5): 324-330.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2017.05.003>

Els resultats es presenten en percentatge per a les variables qualitatives i per mitjà de la mitja i la desviació estàndard per a les variables quantitatives. Les variables quantitatives (edat, rang de moviment articular [RMA], MEPS, SF-36) es van comparar utilitzant la regressió lineal. En totes les comparacions es va utilitzar un nivell de significació estadística de 0.05. Per l'anàlisi estadística es va utilitzar el paquet SPSS 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE.UU.).

Vint-i-quatre fractures (96%) van consolidar abans dels 6 mesos. Només un pacient va presentar una pseudoartrosi de la fractura, que va requerir una segona cirurgia.

El RMA mitjà va ser de 102,7° (rang: 70-140°). El resultat funcional mitjà segons l'escala MEPS va ser de 86 punts (rang: 60-100 punts). A 17 pacients el resultat va ser excel·lent, a 3 bo, a 5 acceptable i en cap cas pobre.

Deu pacients no van referir dolor, 9 referien molèsties lleus i 6 dolor moderat.

No va haver cap cas d'instabilitat de colze i 2 casos van cursar amb rigidesa.

El SF-36 mitjà obtingut va ser de 54,87 punts (rang: 8,66-89,22). El 60% dels pacients van aconseguir reincorporar-se a la vida diària normal prèvia a la fractura.

A l'estudi de regressió lineal entre MEPS i SF-36 vam obtenir una relació directa entre funcionalitat i qualitat de vida ($p < 0,01$). El 53,6% de la variabilitat del qüestionari de qualitat de vida SF-36 es va explicar per la funcionalitat MEPS dels pacients (Fig. 31). L'edat estava també inversament relacionada amb MEPS ($p = 0,023$), SF-36 ($p = 0,045$) i RMA ($p = 0,017$). El 20,4% del MEPS, el 16,4 del SF-36 i el 22,5% del RMA es van explicar per l'edat.

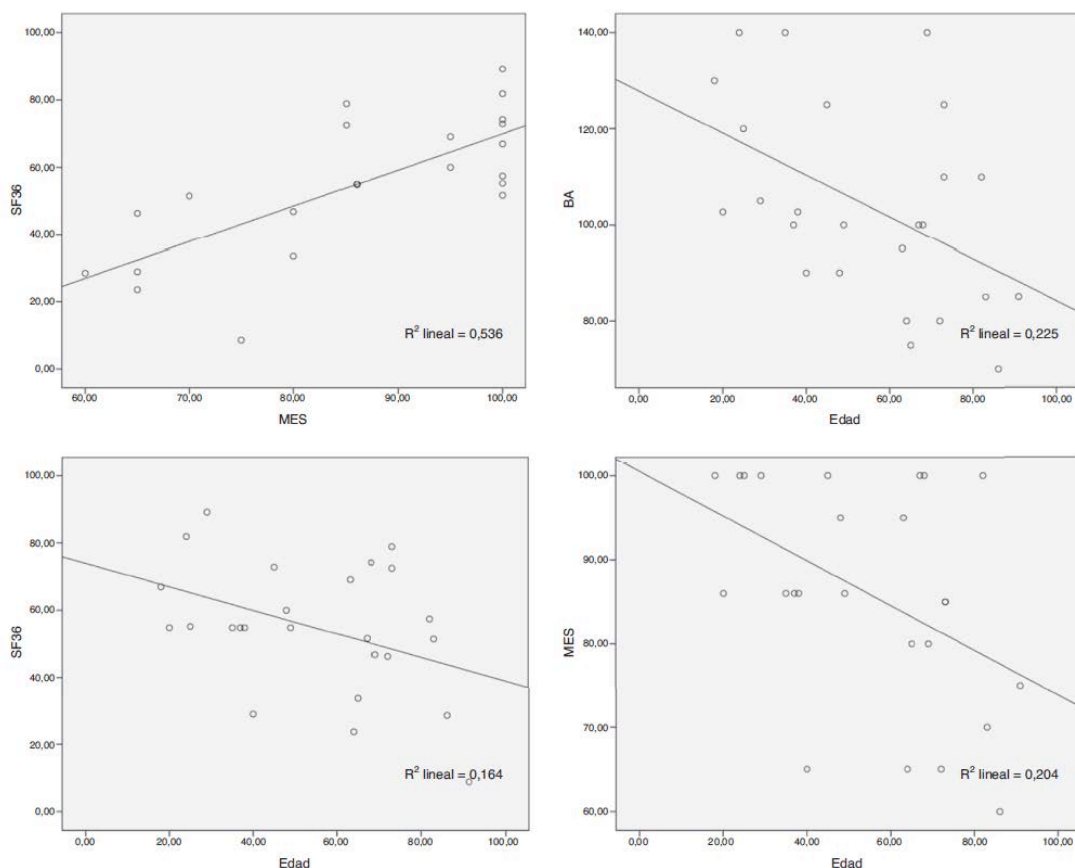


Fig. 31. Resultats. Salvador J, et al. Tratamiento de fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2017; 61(5): 324-330. <http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2017.05.003>

La presència de neuropatia cubital va ser avaluada en el moment de la revisió a la consulta. Es va valorar l'afectació sensitiva i motora sense electromiografia i es va considerar que existia afectació sensitiva en els pacients que manifestaven simptomatologia, per lleu que fos, a nivell de territori cubital. Cap pacient va tenir afectació motora. Nou pacients referien parestèsia a nivell del cinquè dit i cara cubital del quart.

Nou pacients van referir molèsties relacionades amb el material d'osteosíntesi. Un pacient va presentar una osteonecrosi a nivell de capitellum als tres mesos de la fractura clínicament asimptomàtica en el moment de la revisió, pel que no va ser necessària una nova intervenció. Un pacient va presentar una pseudoartrosi a nivell metafisodiafisari, que va ser reintervinguda amb una nova amb una nova osteosíntesi i empelt d'os autòleg, i altre pacient va presentar una pseudoartrosi de l'osteotomia d'olècranon sense traducció clínica.

La taxa de reintervenció va ser del 12% (3 casos). Dos per rigidesa de colze en els que es va practicar artròlisi oberta i retirada de material d'osteosíntesi amb la fractura consolidada i altre per pseudoartrosi metafisodiafisària.

A la nostra sèrie es va realitzar l'osteosíntesi de les fractures supracondílies amb plaques en disposició paral·lela en la majoria dels casos. Només en tres casos les plaques es van col·locar en disposició ortogonal segons el criteri del cirurgià i les característiques de la fractura. Encara que els resultat biomecànics han demostrat la superioritat, en termes de resistència de la construcció, de la

síntesi amb implants paral·lels, no ha tingut traducció clínica *in vivo*, pel que considerem que es necessari adaptar la tècnica a cada tipus de fractura.

La importància d'aconseguir una síntesi estable per a una mobilització precoç i obtenir una funcionalitat òptima, que pugui garantir una millor qualitat de vida d'aquests pacients, queda reflectida a través d'una relació directa de regressió lineal entre funcionalitat i qualitat de vida ($p < 0,01$).

L'edat està inversament relacionada amb el MEPS ($p = 0,023$), SF-36 ($p = 0,045$) i RMA ($p = 0,017$), la qual cosa reflecteix que en el pacient jove la qualitat i estabilitat de la síntesi permet una recuperació funcional millor que en el pacient d'edat avançada (Fig. 31).

L'afectació sensitiva del nervi cubital ha estat la complicació més freqüent en la nostra sèrie de pacients. Encara que cap pacient ha presentat afectació motora, 9 pacients (36%) van presentar parestèsies al territori cubital que persistien en el moment de la revisió, en alguns casos un any després de la intervenció quirúrgica, malgrat un maneig acurat del nervi cubital durant l'acte quirúrgic. Aquesta taxa d'afectació sensitiva és comparable a la publicada en altres series. En cap pacient es va realitzar transposició del nervi cubital. Creiem que la transposició hauria de ser valorada en aquelles situacions en què s'objectiva un conflicte entre el material de síntesi i el nervi.

La via d'abordatge estàndard per al tractament d'aquest tipus de fractures és la posterior amb osteotomia de olècranon, ja que ofereix una gran exposició, tot i que hi han descrites complicacions. El retard o manca de consolidació de la osteotomia i les molèsties locals provocades pel material de síntesi a aquest nivell són els problemes més comuns a aquest abordatge. En la nostra sèrie es va produir un cas de pseudoartrosi de olècranon, sense traducció clínica. En 12

casos hem utilitzat l'abordatge de Newcastle que evita aquest tipus de complicacions.

No hem objectivat cap cas d'infecció a la nostra sèrie.

S'ha descrit un elevada incidència de complicacions òssies i de parts toves després de fractures supracondílies de colze obertes. En la nostra sèrie es recullen dos fractures obertes de grau I segons la classificació de Gustilo, sense que presentessin complicacions.

Vam identificar un cas de pseudoartrosi. Tot i que la porció intraarticular de la fractura va cursar sense incidències, ha precisat de la utilització d'empelt ossi més nova osteosíntesi per obtenir la consolidació a nivell metafisodiafisari.

Les limitacions del nostre estudi inclouen la seva naturalesa retrospectiva i el nombre relativament petit de casos. A més, el tractament quirúrgic i l'abordatge quirúrgic seleccionat van ser a elecció del cirurgià, que no va ser sempre el mateix. No obstant això, els nostres resultats suggereixen que la reducció oberta i fixació interna de les fractures supracondíleas d'húmer mitjançant osteosíntesi amb doble placa és una tècnica segura i eficaç, amb bons resultats funcionals i una taxa de complicacions comparable a la dels estudis publicats a la literatura.

Com a punt fort destaca la valoració a llarg termini de la qualitat de vida (entre 3 i 10 anys) d'una fractura articular.

4.2.

Salvador J, Núñez JH, Veloso M, Castellón P, Anglès F. Newcastle approach for the treatment of supra-intercondylar fractures in children. Trauma Case Reports. 2020; 25(2): 100270. <https://doi.org/10.1016/j.tcr.2019.100270>

En aquest article, ambdós pacients es va fer la mateixa immobilització i el mateix protocol de rehabilitació. Tres setmanes després de la cirurgia, es van retirar les agulles de Kirschner sota sedació i es va iniciar la extensió activa de flexió del colze sense restriccions. Als dos mesos, els pacients no tenien cap limitació. En els controls de raigs X es va documentar la consolidació de fractures. Dos anys després de la cirurgia, el rang de moviment en el cas que es tractava era d'extensió de -5° i flexió de 140° , i en el segon cas va ser complet (Fig. 32). El pacient dos podia tornar a practicar l'equitació. En ambdós casos, en fer el seguiment final, la puntuació del colze de Mayo va ser de 95 punts (resultats excel·lents) i l'escala Likert de cinc punts, ambdós pacients van quedar molt satisfets amb els resultats. En l'estudi radiogràfic no es va observar cap necrosi ni deformitats secundàries.

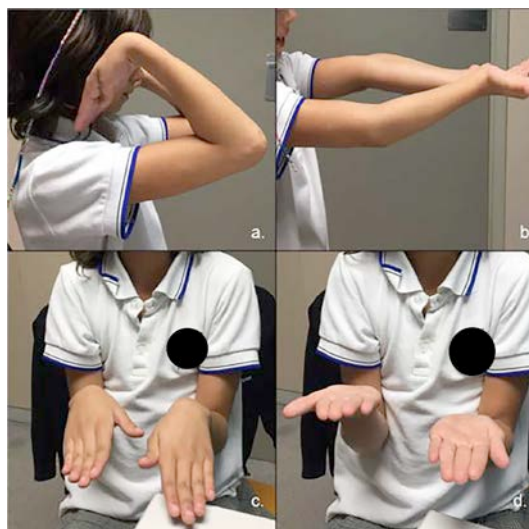


Fig. 32. Resultats. Salvador J, et al. Newcastle approach for the treatment of supra-intercondylar fractures in children. Trauma Case Reports. 2020; 25(2): 100270. <https://doi.org/10.1016/j.tcr.2019.100270>

Les fractures d'húmer distal tipus T representen un patró de fractura inusual en el pacient pediàtric. A causa de la raresa d'aquesta fractura, només es recullen publicacions sobre opcions de tractament i dels resultats. Segons el nostre coneixement, no hi ha cap document previ que hagi informat de l'ús de l'abordatge de Newcastle en el tractament d'aquest tipus de fractures. En els nostres dos pacients, que tenien fractures d'húmer distal tipus T tractades amb reducció oberta i fixació interna mitjançant l'abordatge de Newcastle, després de dos anys de seguiment, tenien una balanç complet de moviments en el cas 2 i falta de -5° extensió al cas 1. Tenien una mesura de puntuació excel·lent, i en els seus estudis radiogràfics es va aconseguir la consolidació de fractures i no es va observar cap necrosi ni deformitats secundàries.

Basant-nos en evidències bibliogràfiques, creiem que hi ha tres dificultats principals a l'hora de tractar una fractura pediàtrica humeral supra-intercondílica: a) el seu diagnòstic, b) l'ús d'un sistema de classificació efectiu perquè la classificació més utilitzada (Gartland) no inclou aquest tipus de fractura. Només Toniolo i Wilkins, i també Vivas i Moreno van considerar aquest patró de fractura i c) l'elecció de l'abordatge quirúrgic més adequat per aconseguir una reducció precisa i posteriorment estable osteosíntesi. Com en el nostre cas 2, aquestes fractures solen ser difícils de diagnosticar, per tant, de vegades el diagnòstic es fa al quiròfan. En un pacient immadur esquelèticament no es veu la línia intra-articular d'una fractura supra-intercondílica, ja sigui per el gran component cartilaginós que fa difícil d'obtenir bones projeccions radiològiques o perquè no està desplaçada.

Les radiografies preoperatòries d'alta qualitat són necessàries per fer un diagnòstic inicial correcte perquè la malreducció o no haver diagnosticat la lesió

de la línia intra-articular pot tenir conseqüències en el futur desenvolupament articular. A partir de la literatura actual, a més de les projeccions anteriors i posteriors estàndard, una projecció obliqua podria ajudar a identificar la línia de fractura intercondília. Alguns autors han destacat la importància de la tomografia computaritzada (TC) en el diagnòstic d'aquest patró de fractura. Des del nostre punt de vista, l'ús de la TC per a l'estudi d'aquest tipus de fractures en l'edat pediàtrica rarament es justifica ja que l'exposició a la radiació associada fa que creiem que el seu ús hauria de ser limitat. El mateix succeeix amb l'artrografia i la ressonància magnètica (RM), poden ajudar a comprendre la configuració triplanar de les lesions de les fisis complexes al voltant del colze, però, com altres autors han comentat, és important tenir precaució del seu ús. Amb la RM sovint es necessària la sedació en aquest grup d'edat.

La fractura d'húmer distal de tipus T pediàtric no desplaçat pot ser tractada de forma conservadora, però quan el desplaçament o la rotació de fragments de fractura són evidents, s'han de tractar quirúrgicament. En la majoria de sèries, en aquest tipus de fractura es recomana una reducció oberta amb l'objectiu de restaurar la superfície articular i estabilitzar la fractura, però aquesta opció pot presentar complicacions, que inclouen la no unió, la malunió, la necrosi avascular i la detenció del creixement de la epífisis. Alguns autors van suggerir l'ús del fixació percutània en el tractament de les fractures d'húmer distal intra-articular de la mateixa manera que es va utilitzar en el tractament quirúrgic de les fractures supracondílies. Aquest abordatge mínimament invasiu intenta limitar la dissecció del costat posterior de l'húmer distal, reduint així el risc de danys al subministrament vascular condíllar i evitant la necrosi avascular, una complicació ben documentada de la fixació interna en la reducció oberta de les

fractures condil·lars. Des del nostre punt de vista, només és possible quan no hi hagi un desplaçament mínim o mínim de la línia intercondíllia.

S'han descrit diferents abordatges quirúrgics per tractar aquest tipus de fractures, com Campbell, Bryan-Morrey i Müller, que segons la literatura són els més utilitzats. Proposem la possibilitat de tractar aquestes fractures amb l'abordatge de Newcastle.

Tot i que no s'ha documentat cap abordatge clarament superior pel maneig quirúrgic de les fractures de T-condil·lar en la població adolescent i pediàtrica, és important triar-ne un que permeti realitzar reducció i fixació de la fractura, evitant danys a les fisis encara presents. El 1986, Papavasiliou i Beslikas van publicar una sèrie de casos de fractures intercondíllies, 2 de les quals es van abordar lateralment. Els pacients tractats amb un abordatge lateral van desenvolupar una contractura de flexió de 20° i una deformitat valgus ulnar de 15° en comparació amb el costat contralateral.

Els autors van defensar l'abordatge lateral en el tractament de les fractures T pediàtriques de l'húmer distal a causa de les dificultats de reducció de la fractura i la incapacitat de visualitzar i protegir el nervi cubital. L'abordatge amb osteotomia d'olècranon permet la visualització més àmplia de la superfície articular. Aquest abordatge és comú en adults, però no en pacients immadurs esquelèticament. Dreyfuss i Eidelman van publicar una sèrie de 6 pacients pediàtrics que van realitzar una osteotomia d'olècranon per tractar una fractura de colze supra-intercondíllia. No es van registrar casos de no-unió de l'osteotomia, però tots els pacients van requerir una segona cirurgia per eliminar l'osteosíntesi perquè era simptomàtic. Més de la meitat dels pacients van perdre l'extensió completa, però van tenir una taxa de satisfacció alta,

segons els autors. Un abordatge alternatiu és la divisió del tríceps. El 1990, Kasser va informar que l'abordatge de la divisió del tríceps no produeix cicatrius en el mecanisme extensor i, per tant, no pertorba el rang de moviment ni disminueix la força de l'extensió. A la seva sèrie, Kasser suggereix que la divisió del tríceps és preferible a l'osteotomia d'olècranon en el tractament de fractures intercondílies per tal d'evitar la fisi de l'olècranon. Tot i que això és cert en un nen en creixement, en un adolescent gairebé esquelèticament madur, les possibles complicacions relacionades amb l'osteotomia són les pròpies de l'abordatge mes que de la possible lesió de la fisi. Una altra opció per evitar l'osteotomia d'olècranon és l'abordatge de reflexió del tríceps de Bryan-Morrey, que permet una visualització articular superior en comparació amb l'abordatge de divisió del tríceps.

Wolfe i Ranawat recomanen que l'alliberament del tríceps al nivell d'olècranon s'ha de fer amb osteotomia, utilitzant una fina làmina d'os i que tot el mecanisme extensor s'hagi de reflectir lateralment. En els nostres casos es va fer servir l'abordatge de Newcastle, descrit el 2011, que es presenta com a alternativa en el tractament de les fractures supra-intercondílies en pacients d'esquelet immadur. És un abordatge anatòmic; no necessita osteotomia olècranon i ofereix una visualització adequada de la superfície articular, la manipulació per a la reducció anatòmica i la fixació de la fractura mitjançant agulles de Kirschner. Aquest abordatge ens ha permès realitzar, no només artroplàstia en artrosi o fractures supracondílies de colze, sinó també osteosíntesi en fractures supra-intercondil·lars en adults i nens. No podem concloure que es tracti d'un millor abordatge, però és una opció, amb bons resultats, com van tenir els nostres pacients. També cal remarcar que en els

nostres dos casos, el tractament quirúrgic va ser realitzat per un cirurgià amb experiència en traumatisme de l'extrem superior. L'experiència del cirurgià és quelcom que cal tenir en compte en el resultat final dels nostres pacients. Les fractures supracondílies d'húmer en els nens són relativament freqüents i el seu tractament pot ser difícil, sobretot perquè no sempre la realitza el cirurgià amb més experiència. La complexitat d'aquestes fractures augmenta quan hi ha una extensió intercondília i, en conseqüència, un abordatge obert sol ser necessari per a la seva reducció precisa.

Per obtenir bons resultats en aquest tipus de fractura, és important triar un abordatge que permeti realitzar la reducció directa i la fixació de la fractura. A més, és fonamental evitar els danys de les fisis i l'aport vascular, encara presents. Per aquest motiu, l'abordatge de Newcastle es presenta com una alternativa per realitzar una reducció oberta en aquelles fractures supracondílies que no es poden reduir mitjançant una reducció tancada, així com per a una fractura supra-intercondília. És un abordatge anatòmic, no necessita osteotomia olècranon i ofereix una visualització de superfície articular suficient per controlar els fragments articulars, la seva reducció i posterior estabilització.

5. Conclusions finals

L'abordatge de Newcastle és una bona opció per a una exposició segura i suficient de l'articulació per la reducció oberta i fixació interna (ROFI) de les fractures del terç distal de l'húmer. A través d'aquest abordatge s'obté una suficient exposició de la superfície articular i tant l'olècranon com l'aparell extensor romanen intactes reduint els desavantatges d'altres abordatges per via posterior.

6. Aplicabilitat clínica

Considerem que l'abordatge de Newcastle, eficaç per la implantació d'una artroplàstia, es útil pel tractament de les fractures articulars de l'húmer distal amb reducció oberta i fixació interna (ROFI).

L'avantatge de poder abordar una fractura articular d'húmer distal per aquesta via es que permet canviar la indicació d'osteosíntesi a artroplàstia intraoperatòriament ja que l'aparell extensor es conserva (a diferència de la osteotomia d'olècranon) cosa que dificultaria/impossibilitaria la implantació protèsica.

Actualment han millorat els nous implants per la osteosíntesi i això fa que els especialistes en cirurgia de colze cada vegada utilitzem abordatges que no limitin les opcions de tractament. Aquest es un dels motius pel qual l'abordatge d'Alonso Llamas ha augmentat a seva popularitat.

L'abordatge de Newcastle es va començar a utilitzar a l'Hospital Universitari Mútua Terrassa a l'any 2005 i es la via d'elecció al nostre centre sempre que hem d'abordar l'articulació del colze per via posterior.



Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología

www.elsevier.es/rot



ORIGINAL

Tratamiento de fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa

J. Salvador^{a,b,*}, P. Castellón^a, I. Fuentes^a, M. Bernaus^a y F. Anglès^{a,c}

^a Servei de Cirurgia Ortopèdica i Traumatologia, Hospital Universitari Mútua Terrassa, Universitat de Barcelona, Terrassa, Barcelona, España

^b Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España

^c Universitat de Barcelona, Barcelona, España

Recibido el 12 de enero de 2016; aceptado el 3 de mayo de 2017

PALABRAS CLAVE

Fractura supracondílea de húmero;
Doble placa;
Nervio cubital

Resumen

Introducción y objetivos: Las fracturas supracondíleas de húmero representan el 0,5-1%. El objetivo de nuestro estudio es evaluar retrospectivamente el resultado funcional y la calidad de vida de los pacientes intervenidos quirúrgicamente por fractura supracondílea de húmero mediante osteosíntesis con doble placa.

Material y métodos: Presentamos un estudio descriptivo retrospectivo de 27 fracturas supracondíleas de húmero tratadas quirúrgicamente mediante reducción abierta y osteosíntesis con 2 placas anatómicas, entre enero de 2005 y septiembre de 2012. La edad media de los pacientes fue de $56 \pm 22,9$ años, 14 mujeres y 13 hombres. Todas las fracturas fueron tipificadas según la clasificación de la AO. El seguimiento medio fue de $41 \pm 23,9$ meses. Se evaluó la consolidación de la fractura por medio de estudio radiológico y el resultado funcional mediante el *Mayo Elbow Performance Score*. La calidad de vida fue evaluada mediante el cuestionario SF 36.

Resultados: El 96% de las fracturas consolidaron antes de 6 meses. El rango de movimiento medio fue de 102° ($70-140^\circ$) y el *Mayo Elbow Performance Score* fue de 86 puntos (60-100). La puntuación media en el SF-36 fue de 54,87 (8,66-89,22), siendo las puntuaciones menores en pacientes de mayor edad. El 60% de los pacientes (15 de 25) se incorporaron a la misma actividad que realizaban antes del accidente. No hubo ningún caso de infección. Dos pacientes fueron reintervenidos por rigidez de codo.

Conclusiones: La reducción abierta y osteosíntesis con doble placa de las fracturas supracondíleas de húmero permite obtener la consolidación de la fractura en un porcentaje elevado, con buenos resultados funcionales y radiológicos.

© 2017 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jordisalvadorcot@gmail.com (J. Salvador).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2017.05.003>

1888-4415/© 2017 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Cómo citar este artículo: Salvador J, et al. Tratamiento de fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2017.05.003>

KEYWORDS

Supracondylar humeral fractures;
Double plates;
Cubital nerve

Double plating as treatment for supracondylar humeral fractures

Abstract

Introduction and objectives: Supracondylar humeral fractures represent only about 0.5-1% of all fractures in adults. The objective of this study is to evaluate functional outcome and quality of life in patients treated with open reduction and internal fixation using double plates.

Material and methods: We designed a retrospective descriptive study including 27 supracondylar humeral fractures treated with open reduction and internal fixation using two anatomic plates from January 2005 to September 2012. Mean age was 56 ± 22.9 years including 14 female and 13 male. All fractures were classified using the AO classification. Average follow-up was of 41 ± 23.9 months. Fracture union was evaluated with x-ray exams and functional outcome using the Mayo Elbow Performance Score (MEPS). Quality of life was evaluated using the Short Form-36 survey.

Results: Union at 6 months was achieved in 96% of all fractures. Average range of motion was 102° (70° - 140°) and average MEPS 86 points (60-100). Mean score on SF-36 was 54.87 (8.66-89.22) the older patients had lower scores. Sixty percent of patients (15 of 25) were able to return to previous activity. No infection was reported. Two patients required surgical treatment due to a stiff elbow.

Conclusions: Open reduction and internal fixation using double plates in supracondylar humeral fractures obtains a high union rate allowing excellent functional and radiological outcomes.

© 2017 SECOT. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Las fracturas supracondíleas de húmero representan el 0,5-1% de todas las fracturas del adulto y el 30% de las fracturas del codo¹. Su distribución, en cuanto a edad y mecanismo lesional, es bimodal. En jóvenes son más frecuentes como consecuencia de traumatismos de alta energía y en ancianos por un traumatismo de baja energía².

El objetivo principal del tratamiento quirúrgico es reconstruir la superficie articular. Además, se debe conseguir una estabilidad y compresión a nivel supracondíleo suficiente para que la fractura consolide y permita una movilización precoz para un correcto resultado funcional del codo³. El hueso osteoporótico en los pacientes de mayor edad y la conminación segmento articular constituyen un reto para la osteosíntesis de este tipo de fracturas. La planificación preoperatoria, la vía de abordaje y la selección del implante son factores que se deben tener en cuenta y pueden condicionar el resultado⁴.

Estudios biomecánicos han demostrado que la osteosíntesis con un sistema de doble placa es más estable y más rígido que con una sola placa^{5,6}. En cuanto a la disposición de la doble placa se ha observado que una estructura de 2 placas paralelas es superior en rigidez y en resistencia a la fatiga que la estructura de 2 placas en posición ortogonal⁷⁻¹².

Las complicaciones más frecuentes de este tipo de fracturas son: rigidez articular, dolor y la neuropatía periférica por afectación del nervio cubital⁴⁻¹³. También se han descrito complicaciones relacionadas con la osteotomía de olécranon^{9-18,20}.

Actualmente, el retardo de consolidación y la pseudoartrosis no son problemas frecuentes en este tipo de lesiones con el desarrollo de la técnica quirúrgica y los nuevos dispositivos de osteosíntesis.

El objetivo de nuestro estudio es evaluar los resultados radiológicos y funcionales a largo plazo de la reducción abierta y fijación interna con doble placa de las fracturas supracondíleas de húmero.

Material y métodos

Estudio retrospectivo de 27 fracturas supracondíleas de húmero en 27 pacientes, que fueron intervenidas quirúrgicamente entre enero de 2005 y septiembre de 2012. El seguimiento medio fue de $41 \pm 23,9$ meses. En todos los casos se practicó reducción abierta y fijación interna mediante osteosíntesis con doble placa en disposición paralela u ortogonal. Dos pacientes (7%) fallecieron por causa independiente a la fractura antes de la revisión, por lo que han sido excluidos del estudio. Se clasificaron las fracturas siguiendo el sistema de clasificación AO.

La edad media de los pacientes en el momento de la fractura fue de $56 \pm 22,9$ años. Hubo 14 pacientes de sexo femenino (52%) y 13 masculino (48%). Dieciocho (72%) afectaron al miembro superior izquierdo, mientras que 7 (28%) al derecho.

Los tipos de fractura se encuentran detallados en la tabla 1. Las más frecuentes fueron del tipo 13C (80%).

La distribución por edad de las fracturas sigue una distribución bimodal, con 2 picos de frecuencia en rangos de edad. El mecanismo de lesión fue una caída desde la propia altura en 14 casos, mientras que 11 se produjeron como consecuencia de traumatismos de alta energía (4 accidentes de tráfico y 7 precipitados). Se documentaron 2 fracturas abiertas de grado I según la clasificación de Gustilo.

Todos los pacientes se intervinieron bajo bloqueo nervioso periférico y anestesia general, en posición de decúbito

Cómo citar este artículo: Salvador J, et al. Tratamiento de fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2017.05.003>

Tabla 1 Tipos de fractura según la clasificación de la AO

AO	N	%
13.A1	0	0
13.A2	2	8
13.A3	3	12
13.B1	0	0
13.B2	0	0
13.B3	0	0
13.C1	10	40
13.C2	6	24
13.C3	4	16

lateral con isquemia controlada de la extremidad. La vía de abordaje fue en todos los casos la posterior. En 13 casos (52%) se realizó osteotomía de olécranon y sin osteotomía (abordaje de Newcastle²¹) en 12 (48%). En nuestra serie se realizó la liberación del canal epitrocleo-olecraniano, incluyendo la apertura del vientre muscular del flexor carpi ulnaris en todos los casos, pero no se realizó en ninguno de ellos la transposición del nervio cubital. En 22 pacientes las placas de osteosíntesis se implantaron en disposición paralela, mientras que en los otros 3 casos la disposición fue ortogonal. La decisión entre una configuración paralela u ortogonal estuvo condicionada por el patrón de fractura y el criterio de cirujano.

Todos los pacientes fueron citados para revisión y recogida de datos para el estudio. Se realizó estudio radiográfico con proyecciones anteroposterior y lateral de codo y valoración funcional mediante el MEPS. Dicha escala considera excelente un resultado > 90 puntos, bueno de 75-89 puntos, aceptable de 60-74 puntos y malo < 60 puntos. Así mismo, la calidad de vida de los pacientes fue evaluada mediante el test SF-36 en el momento de la revisión. También valoramos la tasa de reincorporación a la actividad diaria normal, las complicaciones asociadas y la tasa de reintervención quirúrgica.

La fractura se consideró consolidada cuando el paciente no refirió dolor al nivel del codo y la radiografía anteroposterior y de perfil evidenció signos de consolidación (figs. 1-4).



Figura 1 Rx preoperatoria proyección AP.



Figura 2 Rx preoperatoria proyección lateral.

Abordaje de Newcastle

La incisión se inicia 10-12 cm proximal a la punta del olécranon, bordeando su parte lateral hasta el borde subcutáneo del cúbito, a 8-10 cm distal de la punta del olécranon (fig. 5).

Los 2 colgajos cutáneos se mantienen separados mediante 2 suturas proximales y 2 distales.

El nervio cubital debe ser identificado proximalmente y liberado distalmente al nivel de los 2 vientres musculares del FCU, sin transponer.

La fascia se abre siguiendo el trayecto de la incisión cutánea hasta el borde del cúbito.

A continuación, la aponeurosis proximal se libera del rafe y se retrae usando una sutura (fig. 6).



Figura 3 Rx postoperatoria proyección AP.

Cómo citar este artículo: Salvador J, et al. Tratamiento de fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2017.05.003>



Figura 4 Rx postoperatoria proyección lateral.

El ancóneo se separa subperióticamente del cúbito y se continúa en dirección proximal hasta el septo intermuscular del tríceps.

El rafe se abre longitudinalmente a nivel proximal y a través de un corte de 2 cm proximal al olécranon se retrae distalmente.



Figura 5 Abordaje de Newcastle (planificación).

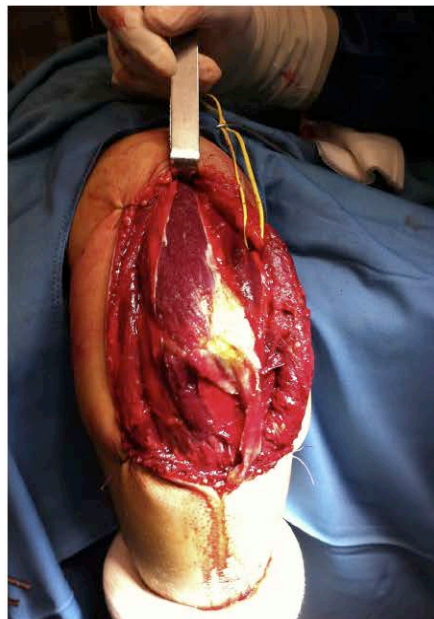


Figura 6 Abordaje de Newcastle (apertura fascia).

Los vientres musculares del tríceps se desplazan hacia las columnas lateral y medial del húmero dejando expuesta toda la paleta.

Análisis estadístico

Los resultados se han expresado en porcentaje para las variables cualitativas y mediante la media y la desviación estándar para las variables cuantitativas. Las variables cuantitativas (edad, rango de movimiento articular [RMA], MEPS, SF-36) se compararon utilizando la regresión lineal. En todas las comparaciones se utilizó un nivel de significación estadística de 0,05. Para el análisis estadístico se utilizó el paquete SPSS 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.).

Resultados

Veinticuatro fracturas (96%) consolidaron antes de los 6 meses. Solo un paciente presentó una pseudoartrosis de la fractura, que requirió una segunda cirugía.

El RMA medio fue de 102,7° (rango: 70-140°). El resultado funcional medio según la escala MEPS fue de 86 puntos (rango: 60-100 puntos). En 17 pacientes el resultado fue excelente, en 3 bueno, en 5 aceptable y en ningún caso pobre.

Diez pacientes no referían dolor, 9 referían molestias leves y 6 dolor moderado. No hubo ningún caso de inestabilidad de codo y 2 casos cursaron con rigidez.

Cómo citar este artículo: Salvador J, et al. Tratamiento de fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2017.05.003>

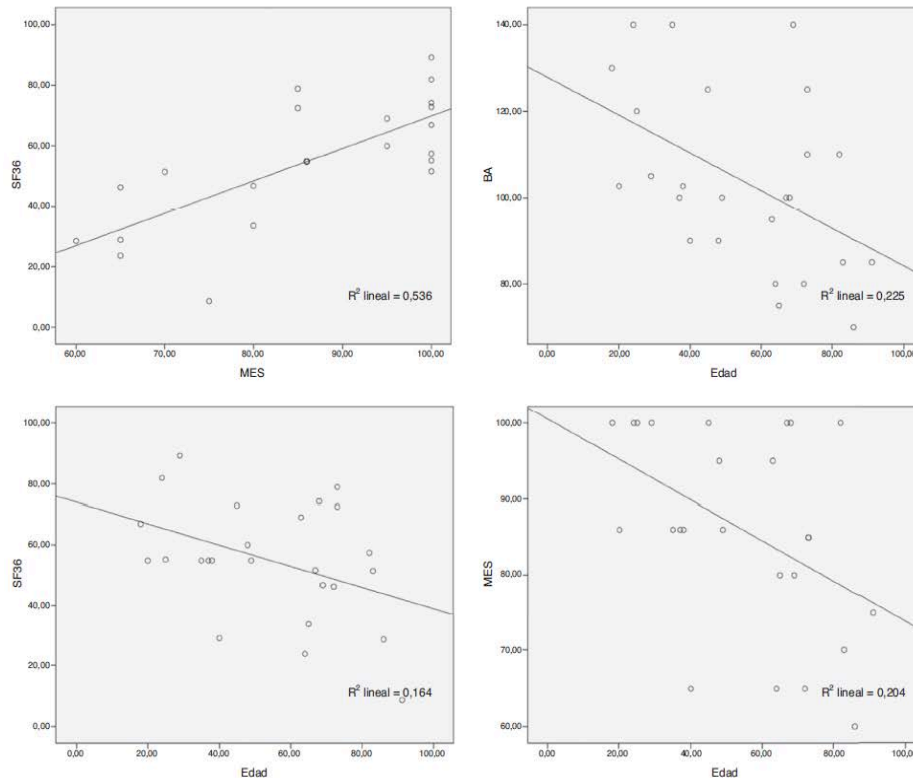


Figura 7 Resultados.

El SF-36 medio obtenido fue de 54,87 puntos (rango: 8,66-89,22). El 60% de los pacientes consiguió reincorporarse a la actividad diaria normal previa a la fractura.

En el estudio de regresión lineal entre MEPS y SF-36 obtuvimos una relación directa entre funcionalidad y calidad de vida ($p < 0,01$). El 53,6% de la variabilidad del cuestionario de calidad de vida SF-36 se explicaba por la funcionalidad MEPS de los pacientes (fig. 7). La edad estaba también inversamente relacionada con MEPS ($p = 0,023$), SF-36 ($p = 0,045$) y RMA ($p = 0,017$). El 20,4% del MEPS, el 16,4% del SF-36 y el 22,5% del RMA se explicaban por la edad.

La presencia de neuropatía cubital fue evaluada en el momento de la revisión en la consulta. Se valoró la afectación sensitiva y motora. No se utilizó estudio electromiográfico. Se consideró que existía afectación sensitiva en los pacientes que manifestaban sintomatología, por leve que fuera, al nivel del territorio cubital. Ningún paciente presentó afectación motora. Nueve pacientes refirieron parestesia al nivel del quinto dedo y de la cara cubital del cuarto.

Nueve pacientes refirieron molestias relacionadas con el material de osteosíntesis. Un paciente presentó una osteonecrosis al nivel del capitellum a los 3 meses de la fractura

clínicamente asintomática en el momento de la revisión, por lo que no fue precisa una nueva intervención. Un paciente presentó una pseudoartrosis a nivel metafisodiafisario, que fue reintervenida con nueva osteosíntesis y aporte de injerto de hueso autólogo, y otro paciente presentó una pseudoartrosis de la osteotomía del olécranon sin traducción clínica.

La tasa de reintervención fue del 12% (3 casos). Dos por rigidez de codo en los que se practicó artrólisis abierta y retirada del material de osteosíntesis con la fractura consolidada y otro por pseudoartrosis metafisodiafisario.

Discusión

En nuestra serie se ha realizado la osteosíntesis de las fracturas supracondíleas con placas en disposición paralela en la mayoría de los casos (23), tal y como describen en su artículo Sánchez-Sotelo et al¹. Solo en 3 casos las placas se colocaron en disposición ortogonal según criterio del cirujano y las características de la fractura. Aunque los estudios biomecánicos han demostrado la superioridad, en cuanto a resistencia de la construcción, de la síntesis con implantes paralelos, esto no ha tenido traducción clínica *in vivo*⁷⁻¹²,

Cómo citar este artículo: Salvador J, et al. Tratamiento de fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2017.05.003>

por lo que consideramos que es necesario adaptar la técnica a cada tipo de fractura.

La importancia de conseguir una síntesis estable para una movilización precoz y obtener una funcionalidad óptima, que pueda garantizar una mejor calidad de vida de estos pacientes, queda reflejada a través de una relación directa de regresión lineal entre funcionalidad y calidad de vida ($p < 0,01$).

La edad está inversamente relacionada con MEPS ($p = 0,023$), SF-36 ($p = 0,045$) y RMA ($p = 0,017$), lo que refleja que en el paciente joven la calidad y estabilidad de la síntesis permite una recuperación funcional mejor que en el paciente de edad avanzada (fig. 7).

La afectación sensitiva del nervio cubital ha sido la complicación más frecuente en nuestra serie de pacientes. Aunque ningún paciente ha presentado afectación motora, 9 pacientes (36%) presentaron parestesias en el territorio cubital que persistían en el momento de la revisión, en algunos casos un año después de la intervención quirúrgica, a pesar de un manejo cuidadoso del nervio cubital durante el acto quirúrgico. Esta tasa de afectación sensitiva es comparable a la publicada en otras series⁴⁻¹³. En ningún paciente se realizó transposición del nervio cubital. Creemos que la transposición debería ser valorada en aquellas situaciones en las que se objetive un conflicto entre el material de síntesis y el nervio.

La vía de abordaje estándar para el tratamiento de este tipo de fracturas es la posterior con osteotomía de olécranon, ya que ofrece una gran exposición, aunque están descritas complicaciones¹⁹. El retraso o falta de consolidación de la osteotomía y las molestias locales provocadas por el material de síntesis a dicho nivel son los problemas más comunes a este abordaje. En nuestra serie se produjo un caso de pseudoartrosis de olécranon, sin traducción clínica. En 12 casos hemos utilizado el abordaje de Newcastle que evita este tipo de complicaciones.

No hemos objetivado ningún caso de infección en nuestra serie.

Se ha descrito una elevada incidencia de complicaciones óseas y de partes blandas después de fracturas supracondíleas de codo abiertas. En nuestra serie se recogen 2 fracturas abiertas de grado I según la clasificación de Gustilo, sin que presentaran complicaciones.

Grant et al., en su estudio, reporta una tasa de infección del 28% después de fijación interna inmediata en fracturas abiertas del húmero distal, aunque el 45% de las fracturas de esta serie fueron fracturas abiertas de grado III⁷⁻¹⁶.

Hemos tenido un caso de pseudoartrosis. Aunque la porción intraarticular de la fractura cursó sin incidencias, precisó de la utilización de injerto óseo más nueva osteosíntesis para obtener la consolidación a nivel metafisario.

Las limitaciones de nuestro estudio incluyen su naturaleza retrospectiva y el número relativamente pequeño de casos. Además, el tratamiento quirúrgico y el abordaje quirúrgico seleccionado fueron a elección del cirujano, que no fue siempre el mismo. Sin embargo, nuestros resultados sugieren que la reducción abierta y fijación interna de las fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa es una técnica segura y eficaz, con buenos resultados funcionales y una tasa de

complicaciones comparable a la de los estudios publicados en la literatura.

Como punto fuerte destaca la valoración a largo plazo de la calidad de vida (entre 3 y 10 años) de una fractura articular.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia *v*.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Korner J, Lill H, Müller LP, Rommens PM, Schneider E, Linke B. The LCP-concept in the operative treatment of distal humerus fractures-biological, biomechanical and surgical aspects. *Injury*. 2003;34:B20-30.
2. Serrano-Mateo L, Lopiz Y, León-Serrano C, García-Fernández C. Resultados de la reducción abierta y osteosíntesis de fracturas de húmero distal en mayores de 65 años. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2014;59:31-7.
3. Sanchez-Sotelo J, Torchia ME. Complex distal humeral fractures: Internal fixation with a principle-based parallel-plate technique. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89:961-9.
4. Shao HL, Zhen HL, Zheng DC. Bilateral plate fixation for type C distal humerus fractures: Experience at a single institution. *Int Orthop (SICOT)*. 2011;35:433-8.
5. Helfet DL, Hotchkiss RN. Internal fixation of the distal humerus: A biomechanical comparison of methods. *J Orthop Trauma*. 1990;4:260-4.
6. Nirmal C, Tejwani MD, Anjali Murthy MD. Fixation of extra-articular distal humerus fractures using one locking plate versus two reconstruction plates: A laboratory study. *J Trauma*. 2009;66:795-9.
7. Armander MWT, Reeves A, MacLeod IA, Pinto TM, Khaleel A. A biomechanical comparison of plate configuration in distal humerus fractures. *J Orthop Trauma*. 2008;22:332-6.
8. Penzkofer R, Hungerer S, Wipf F, von Oldenburg G, Augat P. Anatomical plate configuration affects mechanical performance in distal humerus fractures. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2010;25:972-8.
9. Schemitsch EH, Tencer AF, Henley MB. Biomechanical evaluation of methods of internal fixation of the distal humerus. *J Orthop Trauma*. 1994;8:468-75.
10. Schuster I, Korner J, Arzdorf M, Schwiager K, Diederichs G, Linke B. Mechanical comparison in cadaver specimens of three different 90-degree double-plate osteosyntheses for simulated

Cómo citar este artículo: Salvador J, et al. Tratamiento de fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2017.05.003>

- C2-type distal humerus fractures with varying bone densities. *J Orthop Trauma*. 2008;22:113-20.
11. Stoffel K, Cunneen S, Morgan R, Nicholls R, Stachowiak G. Comparative stability of perpendicular versus parallel double-locking plating systems in osteoporotic comminuted distal humerus fractures. *J Orthop Res*. 2008;26:778-84.
 12. Zalavras CG, Vercillo MT, Jun BJ, Otardifard K, Itamura JM, Lee TQ. Biomechanical evaluation of parallel versus orthogonal plate fixation of intra-articular distal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011;20:12-20.
 13. Wang JP, Shen WJ, Chen WM, Huang CK, Shen YS, Chen TH. Iatrogenic radial nerve palsy after operative management of humeral shaft fractures. *J Trauma*. 2009;66:800-3.
 14. Olukemi Fajolu MD, Kavitalyengar MD, Christopher S, Litts MD. Distal humerus fractures: Handling of the ulnar nerve. *JHS*. 2012;37 A:1696-8.
 15. Rüedi TP, Murphy WM, editores. *AO principles of fracture management*. Davos: Thieme; 2000.
 16. Grant SD, Gorczyca JT, Pugh KJ. Open distal humeral fractures. En: *Proc Annual Orthopaedic Trauma Association Meeting Boston*. 1996. p. 269.
 17. McKee MD, Jupiter JB. A contemporary approach to the management of complex fractures of the distal humerus and their sequelae. *Hand Clin*. 1994;10:479-94.
 18. Coles CP, Barei DP, Nork SE, Taitzman LA, Hanel DP, Bradford Henley M. The olecranon osteotomy: A six-year experience in the treatment of intraarticular fractures of the distal humerus. *J Orthop Trauma*. 2006;20:164-71.
 19. Ring D, Gulotta L, Chin K, Jupiter JB. Olecranon osteotomy for exposure of fractures and nonunions of the distal humerus. *J Orthop Trauma*. 2004;18:446-9.
 20. Hewins EA, Gofton WT, Dubberly J, MacDermid JC, Faber KJ, King GJ. Plate fixation of olecranon osteotomies. *J Orthop Trauma*. 2007;21:58-62.
 21. Amirfeyz R, Damian C, Quick T, Blewitt N. Newcastle approach to the elbow, a cadaveric study. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2011;131:747-51.

Cómo citar este artículo: Salvador J, et al. Tratamiento de fracturas supracondíleas de húmero mediante osteosíntesis con doble placa. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2017.05.003>



Contents lists available at ScienceDirect

Trauma Case Reports

journal homepage: www.elsevier.com/locate/tcr

Case Report

Newcastle approach for the treatment of supra-intercondylar fractures in children

Jordi Salvador^{a,b}, Jorge H. Nuñez^{a,b,*}, Margarita Veloso^{a,c}, Pablo Castellón^{a,b}, Francesc Angles^{a,c}^a Superior Extremity Trauma Unit, Department of Traumatology and Orthopaedic Surgery, University Hospital of Mutua Terrasa, Plaça del Doctor Robert, 5, 08221 Terrasa, Barcelona, Spain^b Universitat Autònoma de Barcelona, Passeig de la Vall d'Hebron, 119-129, 08035 Barcelona, Spain^c Universitat de Barcelona, Departament de Cirurgia i Especialitats Medicoquirúrgiques, Calle Casanova 143, 08036 Barcelona, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:
Child
Humerus
T-condylar
Distal humerus

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study is to evaluate the functional results of open reduction using the Newcastle approach and internal fixation for complex intra-articular distal humeral fractures in children through the report of cases.

Material and methods: A retrospective case series of patients who underwent open reduction and internal fixation surgery because of a complex intra-articular distal humeral fracture using the Newcastle approach were reviewed. Minimum follow-up was 2 years. Demographic, clinical, and radiological data were analyzed. Also, Mayo Elbow Performance Score and four-point Likert scale were evaluated.

Results: 2 children were included in the final analysis. In both fractures, the approach was sufficient for accurate reduction and the functional outcome on both elbows was satisfactory. The Mayo elbow score was 95 points (excellent results) and the five-point Likert scale, both patients were very satisfied with the outcomes. In the radiographic study, no necrosis or secondary deformities were observed.

Conclusions: Our study provides evidence that the Newcastle approach is an alternative to perform open reduction in those children supra-intercondylar fractures that cannot be reduced using a close reduction. To our knowledge, there is not previous paper that has reported the used of this approach in the treatment in this kind of fractures.

Introduction

Supracondylar fractures of the distal humerus are the second most common traumatic injury of the upper limb in the pediatric age. However, T-type distal humerus fractures (intercondylar) are an uncommon occurrence, representing < 2% of all observed pediatric elbow fractures [1,2]. Moreover, of this fracture type in children < 60 cases has been previously reported in the English literature, with only 13 of which involved children under 8 years of age [3].

In children, the distal humerus, largely composed of cartilage, is very elastic and displacement occurs mainly in the supracondylar bone area, being most elbow injuries in this age group, caused by hyperextension. For that reason, T-type distal humerus fractures in

* Corresponding author at: Superior Extremity Trauma Unit, Department of Traumatology and Orthopaedic Surgery, University Hospital of Mutua Terrasa, Plaça del Doctor Robert, 5, 08221 Terrasa, Barcelona, Spain.

E-mail address: jhncamarena@mutuaterrasa.cat (J.H. Nuñez).

<https://doi.org/10.1016/j.tcr.2019.100270>

Accepted 30 November 2019

Available online 07 January 2020

2352-6440/ © 2020 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

children are rare and there is usually the effect of direct forces applied to an elbow above 90° flexion [1–3]. The most commonly used classification system for children T-type distal humerus fractures is the adult OA/OTA classification. This classification has been questioned in this type of fracture because this classification does not take into account the ossification nuclei [2]. Toniolo and Wilkins suggested a simple classification based on the displacement degree and fragment comminution [1]. In 2006, a pediatric OA/OTA classification was developed. In this classification, this fracture can be a 13-E/4.2 [4].

Due to the low incidence of these fractures, treatment recommendations are based on publications of case reports or small case series or else adhere to the treatment principles of similar fractures of adult patients [1–3]. The aim of this study is to evaluate the functional results of open reduction using the Newcastle approach and internal fixation for complex intra-articular distal humeral fractures in children through the report of 2 cases. In terms of the Newcastle approach, to our knowledge there is not previous paper that have report the used of this approach in the treatment of this kind of fractures.

Materials and methods

A retrospective revision of our children patients who had undergone open reduction and internal fixation surgery because of a complex intra-articular distal humeral fracture using the Newcastle approach between 2011 and 2016 were performed. Among 76 children with supracondylar humeral fracture, only 2 patients met our inclusion and were available for analysis.

Surgical procedure: Newcastle approach [5]

A single team of trauma surgery specialists (JS, PC) performed all surgeries. Under general anesthesia and, with the patient in a lateral decubitus position the surgery was performed. The incision starts 6–7 cm (10–12 cm in adults) proximal to the tip of olecranon, following the lateral border of the olecranon itself, ending at the subcutaneous border of the ulna, 4–6 cm (8–10 cm in adults) distal to the tip of the olecranon. The size of the incision might be reduced and we should adapt it to the length of the extremity at the pediatric age. Both cutaneous skin flaps are raised and held in position using two proximal and two distal stay sutures. The ulnar nerve needs to be identified proximally and decompressed distally at the level of the two heads of the flexor carpi ulnaris without transposition. The fascia is opened following a skin incision until the border of the ulna. Afterwards the proximal aponeurosis is released from the raphe and retracted using a suture. The anconeus muscle is raised subperiosteally from the ulna and it is directed proximally until the intermuscular septum of the triceps.

The raphe is opened longitudinally at the proximal level and with a cut of 2 cm proximal to the olecranon it is retracted distally. The muscular bellies of the triceps are retracted to the medial and lateral columns of the humerus leaving the distal end of the humerus fully exposed (Fig. 3b). At this point, special attention has to be paid in order to avoid a subperiosteal dissection of the lateral belly since the vascular supply of the distal epiphysis of the humerus is posterior and lateral and its injury could result to an avascular necrosis.

Case 1

A 7-year old girl came to the emergency department referring pain and functional impairment in the right elbow after a casual fall from her stand height. She had a painful right elbow held in 80° of flexion, inability to move actively without any Neurovascular deficit. The radiological study (antero-posterior and lateral elbow view) revealed a displaced supra-intercondylar humeral fracture (Fig. 1a). In the operating room, with fluoroscopy images and under general anesthesia, this fracture pattern was confirmed. Open reduction of the fracture was performed, following the Newcastle posterior approach, and subsequently internal fixation with four 1.8 mm Kirschner wires (K-wires) (Fig. 1b). The elbow was immobilized at 90° with a brachio-palmar splint.

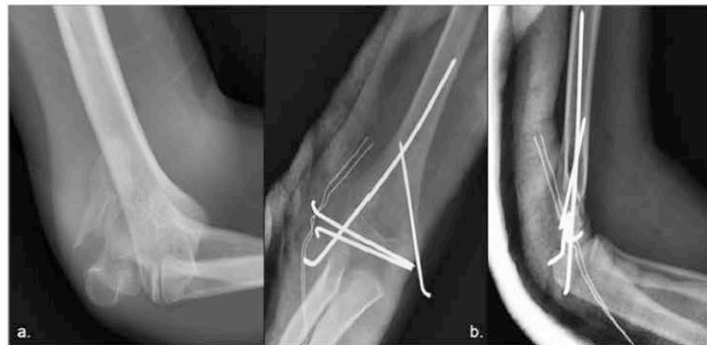


Fig. 1. a. X-ray view in the emergency department. b. postoperative antero-posterior and lateral x-rays of the first patient.

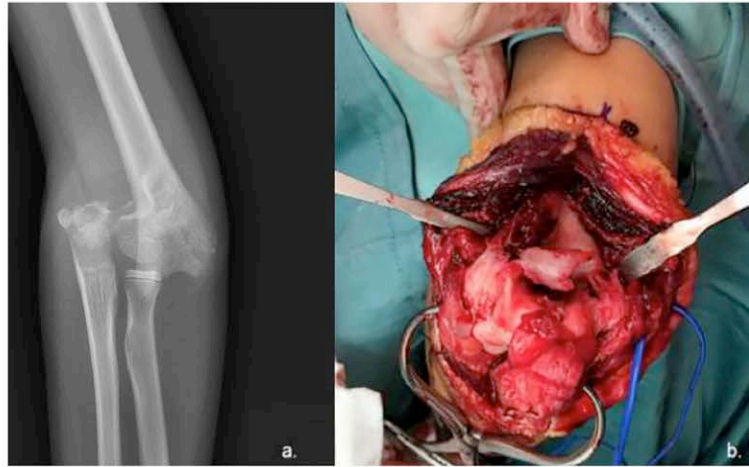


Fig. 2. a. Antero-posterior X-ray showing a supracondylar elbow fracture. b. Intraoperative image of the supra-intercondylar elbow fracture seen through the Newcastle approach. Note the reduction clamp stabilizing the supracondylar segment and the olecranon integrity.

Case 2

An 8-year-old girl, came to the emergency department reporting severe pain and functional impairment of her left elbow after a horse fall. On examination, the patient presented significant swelling and bruising in the left elbow, without a neurovascular deficit of the limb. In the radiological study (antero-posterior X-ray) a supracondylar fracture was diagnosed (Fig. 2a). In the operating room, under general anesthesia, the closed reduction of the fracture was not successful, and the surgeon opted for an open treatment. A Newcastle approach was performed, which gave evidence that apart from the supracondylar fracture, there was also a non-displaced intercondylar line (Fig. 2b). The supracondylar fracture was reduced and stabilized using internal fixation with three 1.8 mm K-wires. Since the intercondylar fracture line was stable and did not move with the surgical manipulation, no stabilization K-wires were added at that plane.

Results

In both patients, the same immobilization and the same rehabilitation protocol were done. Three weeks after surgery, the K-wires were removed under sedation and active flexion-extension of the elbow was initiated without restrictions. At 2 months, the patients did not have any limitation. In the X-rays controls the fractures consolidation were documented. Two years after surgery, the range of motion in case one was -5° extension and 140° flexion, and in case two was complete (Fig. 3). The patient two could practice horse riding again. In both cases, at final follow up, the Mayo elbow score was 95 points (excellent results) and the five-point Likert scale, both patients were very satisfied with the outcomes. In the radiographic study, no necrosis or secondary deformities were observed.

Discussion

T-type distal humerus fractures represent an unusual fracture pattern in the pediatric patient [1–3]. Because of the rarity of this fracture only few reports about treatment options and outcome measurements are published. To our knowledge, there is not previous paper that has reported the use of the Newcastle approach in the treatment of this kind of fractures. In our 2 patients, who had a T-type distal humerus fractures treated with open reduction and internal fixation using the Newcastle approach, after 2 years of follow-up, they had a complete range of motion, excepted for a lack of -5° extension. They had excellent scores measurement, and in their radiographic studies, fracture consolidation was achieved, and no necrosis or secondary deformities were observed.

Currently, based on literature evidence, we believe that there are two main difficulties when treating a supraintercondylar humeral pediatric fracture: a) their prompt diagnosis, b) the use of an effective classification system because the most used classification (Gartland) do not include this type of fracture. Only Toniolo and Wilkins, and Vivas y Moreno considered this fracture pattern, and c) the choice of the most appropriate surgical approach in order to attain an accurate reduction and subsequently stable osteosynthesis [1,2,6]. As in our case 2, these fractures are often difficult to diagnose, therefore, sometimes the diagnosis is made in the operating room. In a skeletally immature patient the intra-articular line of a supra-intercondylar fractures may not be visualized, either because the large cartilaginous component remaining in the young elbow, the difficult to obtain good radiographies projections or because it might not be displaced [1,2]. High quality preoperative radiographs are necessary to make a correct initial diagnosis

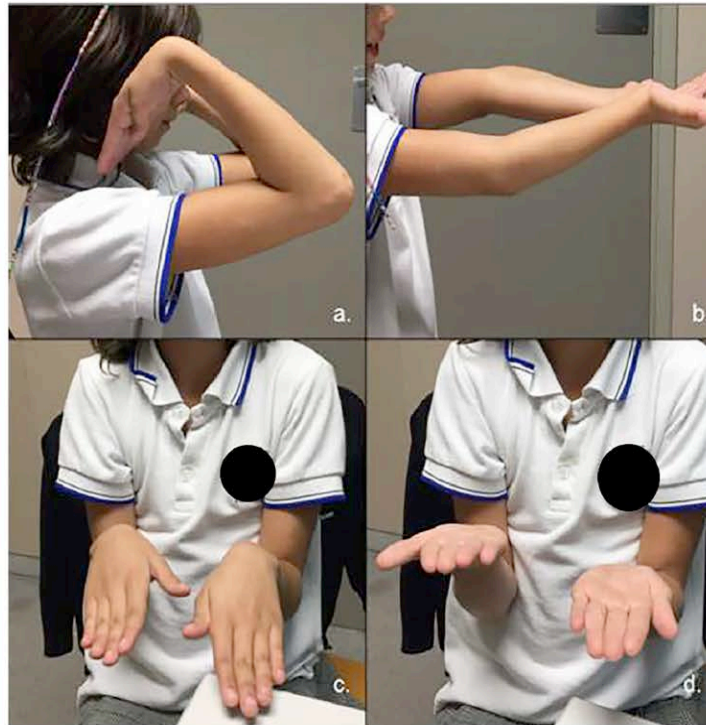


Fig. 3. Range of motion of the patients at final follow -up. a. Flexion. b. Extension. c. Pronation. d. Supination.

since the malreduction or neglect of the intra-articular line can have consequences in the future articular development [6]. Based on the current literature, in addition to standard anterior- posterior and lateral projections, an oblique projection might help to identify the intercondylar fracture line. Some authors have stressed the importance of computed tomography (CT) in the proper diagnosis of this fracture pattern [2,3]. From our point of view, the use of CT for the study of this type of fractures in the pediatric age is rarely justified. Because of the radiation exposure associated with any CT, we believe that its use should be limited. CT, arthrography and magnetic resonance imaging (MRI) might help to understand the triplanar configuration of the complex physal injuries around the elbow, however, as our other authors have commented it is important to be cautious of their use. Moreover, when may be difficult to obtain in this age group this MRI without the use of sedation [2].

Non-displaced pediatric T-type distal humerus fracture can be treated conservatively, but when displacement or rotation of fracture fragments are evident, they should be treated surgically [1,6]. In most series, in this type of fracture open reduction is recommended with the aim to restore the joint surface and stabilize the fracture, but this option might present complications, which include non-union, malunion, avascular necrosis and epiphyseal growth arrest [1,2]. Some authors suggested the use of percutaneous pinning in the treatment of intra-articular distal humerus fractures in the same way used in the surgical treatment of supracondylar fractures [7]. This minimally invasive approach tries to limit the dissection of the posterior side of the distal humerus, thus reducing the risk of damage to the condylar vascular supply and avoiding avascular necrosis, a well-documented complication of internal fixation in open reduction of condylar fractures [1,2,7]. From our point of view, it is only possible when there is no or minimal displacement of the intercondylar line.

Different surgical approaches have been described to treat this type of fractures, such as Campbell, Bryan-Morrey and Müller, which, according to the literature are the most used [1,2,6]. We suggest treating these fractures with the Newcastle approach. Although no approach has been clearly documented as superior to the surgical management of T-condylar fractures in the adolescent and pediatric population, it is important to choose one that allows to perform reduction and fixation of the fracture, avoiding damage to the still present physes [2,3]. In 1986, Papavasiliou and Beslikas published a case series of intercondylar fractures, 2 of which were approached laterally. Patients treated with a lateral approach developed a 20° flexion contracture and a 15° ulnar valgus deformity compared with the contralateral side. The authors advocated against the lateral approach in the treatment of pediatric T fractures of the distal humerus due to the difficulties in reduction of the fracture, the inability to visualize and protect the cubital nerve and the

poor final range of motion [8]. An olecranon osteotomy approach allows the most extensive visualization of the articular surface. This approach is common in adults, but not in skeletally immature patients [9]. Dreyfuss and Eidelman published a series of 6 pediatric patients who underwent an olecranon osteotomy to treat a supra-intercondylar elbow fracture. There were no cases of osteotomy non-union, but all patients required a second surgery to remove osteosynthesis because it was symptomatic. More than half of the patients lost the full extension, but they had a higher satisfaction rate, according to the authors [10]. An alternative approach is the triceps splitting. In 1990, Kasser reported that the triceps splitting approach does not produce scars in the extensor mechanism, and therefore does not disturb the range of motion or diminish the strength of extension [11]. In his series, Kasser suggests that the division of the triceps is preferable to olecranon osteotomy in the treatment of intercondylar fractures in order to avoid olecranon physeal injury. Although this is true in a growing child, in an almost skeletally mature adolescent the possible complications related to the osteotomy are those of the approach itself rather than the possible physeal injury [10,11]. Another option to avoid olecranon osteotomy is the Bryan-Morrey triceps reflection approach, which allows superior joint visualization compared to the triceps splitting approach [12]. Wolfe and Ranawat recommend that triceps release at the level of olecranon should be done with osteotomy, using a thin wafer of bone, and that the entire extensor mechanism should be reflected laterally [13]. In our cases we used the Newcastle approach, described in 2011, which is presented as an alternative in the treatment of supraintercondylar fractures in skeletally immature patients. It is an anatomical approach; it does not require an olecranon osteotomy and offers adequate visualization of the joint surface, manipulation to anatomical reduction and fracture fixation using K-wires [5]. This approach has allowed us to perform, not only arthroplasty in elbow osteoarthritis, but also osteosynthesis in supra-intercondylar fractures in adults and children [14]. We cannot conclude that this is a better approach, but it is an option, with good results, as our patients had. Also, we have to mention that in our two cases, the surgery treatment was performed by an experience surgeon in upper extremity trauma. The surgeon experience is something that has to be in count in the final outcome of our patients. Even supracondylar humeral fractures in children are common, their treatment can be challenging, especially since their management is not always performed by the most experienced surgeon [3]. The complexity of these fractures increases when there is an intercondylar extension and consequently an open approach is usually necessary for their accurate reduction [1].

To obtain good outcomes in this type of fracture, it is important to choose an approach that allows performing direct reduction and fracture fixation. Furthermore, avoiding any damage to the physeal and their blood supply, which are still present is of paramount importance. For this reason, the Newcastle approach is presented as an alternative to perform open reduction in those supracondylar fractures that cannot be reduced using a close reduction, as well as for a supra-intercondylar fracture. It is an anatomical approach, does not require an olecranon osteotomy and offers enough joint surface visualization to control the joint fragments and their reduction and subsequent stabilization.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Ethical approval

Patient's informed consent to publish this report is included in the Ethical Standards statement.

Declaration of competing interest

Jordi Salvador, Jorge H. Nuñez, Margarita Veloso, Pablo Castellón, Francesc Angles declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship and/or publication of this article. The author has no competing interest to declare.

References

- [1] J.B. Anari, A.L. Neuwirth, N.M. Carducci, D.J. Donegan, K.D. Baldwin, Pediatric T-condylar humerus fractures: a systematic review, *J. Pediatr. Orthop.* 37 (2015) 36–40, <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000588>.
- [2] C.A. Popkin, K.A. Rosenwasser, H.B. Ellis Jr., Pediatric and adolescent T-type distal humerus fractures, *J. Am. Acad. Orthop. Surg. Glob. Res. Rev.* 1 (2017), <https://doi.org/10.5435/JAAOSGlobal-D-17-00040> (e040).
- [3] Y. Tomori, Y. Sudo, N. Iizawa, M. Nanno, S. Takai, Intercondylar fracture of the distal humerus in a 7-year-old child, *Medicine (Baltimore)* 96 (2017), <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000006085> (e6085).
- [4] T. Slongo, L. Audige, W. Schlickewei, J.M. Clavert, J. Hunter, International Association for Pediatric Traumatology, Development and validation of the AO pediatric comprehensive classification of long bone fractures by the Pediatric Expert Group of the AO Foundation in collaboration with AO Clinical Investigation and Documentation and the International Association for P, *J. Pediatr. Orthop.* 26 (2006) 43–49, <https://doi.org/10.1097/01.bpo.0000187989.64021>.
- [5] R. Amirfezy, D. Clark, T. Quick, N. Blewitt, Newcastle approach to the elbow, a cadaveric study, *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 131 (2011) 747–751, <https://doi.org/10.1007/s00402-010-1206-0>.
- [6] L. Marengo, A. Andreachio, F. Alberghina, A. Dimeglio, F. Canavese, Functional outcome of displaced intercondylar fractures of the humerus in children and adolescents, *J. Pediatr. Orthop. B* 27 (2017) 121–127, <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000476>.
- [7] A.D. Kanellopoulos, C.K. Yiannakopoulos, Closed reduction and percutaneous stabilization of pediatric T-condylar fractures of the humerus, *J. Pediatr. Orthop.* 24 (2004) 13–16, <https://doi.org/10.1097/00004694-200401000-00003>.
- [8] V.A. Papavasiliou, T.A. Beslikas, T-condylar fractures of the distal humeral condyles during childhood: an analysis of six cases, *J. Pediatr. Orthop.* 6 (1986) 302–305.
- [9] J.M. Wilkinson, D. Stanley, Posterior surgical approaches to the elbow: a comparative anatomic study, *J. Shoulder Elb. Surg.* 10 (2001) 380–382, <https://doi.org/10.1067/mse.2001.116517>.
- [10] D. Dreyfuss, M. Eidelman, Treatment of complex intercondylar humeral fractures in adolescents by open reduction and internal fixation through the

- transolecranon approach, *J. Pediatr. Orthop. B* 23 (2014) 364–368, <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000048>.
- [11] J.R. Kasser, K. Richards, M. Millis, The triceps-dividing approach to open reduction of complex distal humeral fractures in adolescents: a Cybex evaluation of triceps function and motion, *J. Pediatr. Orthop.* 10 (1990) 93–96, <https://doi.org/10.1097/01241398-199010010-00018>.
- [12] L.F. Remia, K. Richards, P.M. Waters, 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.* 24 (2004) 615–619, <https://doi.org/10.1097/00004694-200411000-00003>.
- [13] S.W. Wolfe, C.S. Ranawat, The osteo-anconeus flap. An approach for total elbow arthroplasty, *J. Bone Joint Surg. Am.* 72 (1990) 684–688.
- [14] H. Chen, D. Li, J. Zhang, X. Xiong, Comparison of treatments in patients with distal humerus intercondylar fracture: a systematic review and meta-analysis, *Ann. Med.* 49 (2017) 613–625, <https://doi.org/10.1080/07853890.2017.1335429>.

