



# Revista Chilena de Ortopedia y Traumatología

www.elsevier.es/rchot



## ARTÍCULO ORIGINAL

# Zona de seguridad para tornillo de bloqueo cefálico posterior-anterior durante enclavijado endomedular retrógrado del húmero: estudio *ex vivo* en muestras óseas

Patricio Melean<sup>a,\*</sup>, Alfonso Pérez<sup>a,b</sup>, Javier Román<sup>a,c</sup> y Pedro Alsua<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Equipo de Artroscopia de Extremidad Superior y Cirugía de Hombro, Hospital del Trabajador de Santiago, Santiago, Chile

<sup>b</sup> Equipo de Extremidad Superior, Hospital del Trabajador de Santiago, Santiago, Chile

<sup>c</sup> Equipo de Extremidad Superior, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

Recibido el 27 de julio de 2016; aceptado el 13 de octubre de 2016

Disponible en Internet el 9 de noviembre de 2016

### PALABRAS CLAVE

Fractura de húmero;  
Lesión tendón del bíceps;  
Enclavijado endomedular retrógrado;  
Zona de seguridad para bloqueos proximales

### Resumen

**Objetivo:** Definir una zona segura, usando como referencia la línea intercondílea anterior (LCA) del codo para realizar los bloqueos anteroposteriores durante el enclavijado endomedular retrógrado humeral (CEMR).

**Métodos:** Estudio experimental *ex-vivo*. Trece húmeros humanos fueron analizados. Se tomaron fotografías registrando la porción distal de los húmeros paralelos a la LCA, elevando el húmero distal 10 cm. Tres evaluadores independientes realizaron las siguientes mediciones: ángulo del surco bicipital (SB) a la altura del cuello quirúrgico humeral (S, formado por las paredes medial y lateral del SB; zona de peligro) y el ángulo complementario lateral (formado por el límite lateral de la tróclea y la pared lateral del SB a la altura del cuello quirúrgico humeral; zona segura).

**Resultados:** Valor promedio de S:  $3,1 \pm 0,5^\circ$  (3,3-4), coeficiente de correlación intraclase: 0,057 ( $p=0,057$ ). Valor promedio del ángulo complementario lateral:  $87,5 \pm 3,3^\circ$  (81,3-92,5), coeficiente de correlación intraclase: 0,304 ( $p=0,217$ ). Considerando 3 desviaciones estándar del promedio de los ángulos medidos (para aumentar los parámetros de seguridad) la zona segura se enmarcó entre los  $0^\circ$  y los  $80^\circ$  con relación a la LCA.

**Conclusión:** En este estudio la zona de seguridad del bloqueo cefálico anteroposterior para evitar el daño del tendón bicipital durante el enclavijado endomedular retrógrado humeral se localizó entre los  $0^\circ$  y  $80^\circ$  con relación a la LCA.

© 2016 Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [pmelean@hts.cl](mailto:pmelean@hts.cl) (P. Melean).

**KEYWORDS**

Proximal humerus fracture;  
Biceps tendon injury;  
Retrograde intramedullary nail;  
Safe zone for proximal blocking screw

### Safe zone for anterior-posterior cranial blocking screw during retrograde intramedullary nailing of the humerus: *Ex-vivo* study in bone specimens

**Abstract**

**Objective:** To define a safe zone, using the anterior intercondylar line (AIL) of the elbow as a reference to perform anterior-posterior (AP) cranial blocks during retrograde intramedullary humeral nailing (RIHN).

**Methods:** An *ex-vivo* experimental study was performed by analysing 13 human humeri. Photographs were taken, recording the distal portion of the humeri parallel to the AIL, elevating the distal humerus 10cm. Three independent evaluators made the following measurements: Bicipital groove (BG) angle at the level of the surgical neck of the humerus (S, formed by the medial and lateral walls of the BG; danger zone) and the Lateral Complementary Angle (LCA, formed by the lateral trochlear limit and the lateral wall of the BG at the level of the surgical neck of the humerus; safe zone).

**Results:** The mean value of S:  $3.1 \pm 0.5^\circ$  (3.3-4), intraclass correlation coefficient (ICC): 0.057 ( $P = .057$ ). The mean value of the AIL:  $87.5 \pm 3.3^\circ$  (81.3-92.5), ICC: 0.304 ( $P = .217$ ). Using 3 standard deviations from the mean of the angles measured (in order to increase the safety parameters), the safety zone is located between  $0^\circ$  and  $80^\circ$  in relation to the AIL.

**Conclusion:** In this study, the safety zone of the AP cranial block, in order to avoid damage to bicipital tendon during RIHN, is situated between  $0^\circ$  and  $80^\circ$  in relation to the AIL.

© 2016 Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Introducción**

En la actualidad la fijación con placa y tornillos es el tratamiento de elección más frecuentemente ocupado para el manejo quirúrgico de fracturas de diáfisis humeral<sup>1</sup>.

Recientemente los avances técnicos y los buenos resultados clínicos asociados al enclavado endomedular (CEM) han elevado el interés por su uso en fracturas de diáfisis humeral.

Esta técnica, al preservar la integridad de las partes blandas locales, presenta la ventaja de ser un procedimiento menos invasivo, con una aparente ventaja biomecánica y mejores oportunidades de unión al requerir menor desperiostización de la fractura para su colocación<sup>2</sup>.

Existe una amplia variedad de CEM con distintos propósitos y técnicas. La técnica anterógrada consiste en la inserción a través del músculo deltoides y el manguito rotador, lo que ha sido asociado a dolor de hombro, tiempo de rehabilitación prolongado y retiro de osteosíntesis para el alivio del dolor<sup>3,4</sup>.

Las complicaciones más frecuentemente asociadas a la colocación de un CEM anterógrado son el dolor de hombro y una disminución del rango de movilidad. El dolor residual de hombro ha sido descrito en aproximadamente el 16% de los casos, y la restricción del ROM en el 20% de los CEM<sup>4,5</sup>. Para evitar estas complicaciones se ha favorecido la inserción retrógrada del clavo (CEMR), ingresando el implante desde el humero distal, logrando buenos resultados con menores complicaciones asociadas al hombro, específicamente menor dolor residual de hombro y rigidez postoperatoria.

Baltov et al.<sup>5</sup> reportaron complicaciones asociadas a los tornillos de bloqueos del clavo a nivel del hombro, principalmente en CEM anterógrados, siendo una de ellas la protrusión del bloqueo proximal posteroanterior (PA) o

posteromedial-anterior y pinzamiento subacromial, resultando en molestias y restricción del ROM del hombro.

Previamente no se han descrito complicaciones asociadas al tendón largo del bíceps después de un CEMR. Nuestro grupo ha identificado casos de dolor residual de hombro asociados a irritación del tendón largo del bíceps por protrusión del bloqueo PA en el surco bicipital (SB) (fig. 1).

El propósito de este estudio es identificar una zona segura para la inserción del bloqueo proximal PA en el CEMR, usando como referencia la línea intercondílea anterior (LCA) del codo, de forma que se evite la invasión del surco bicipital con el tornillo de bloqueo y la lesión iatrogénica del tendón largo del bíceps.

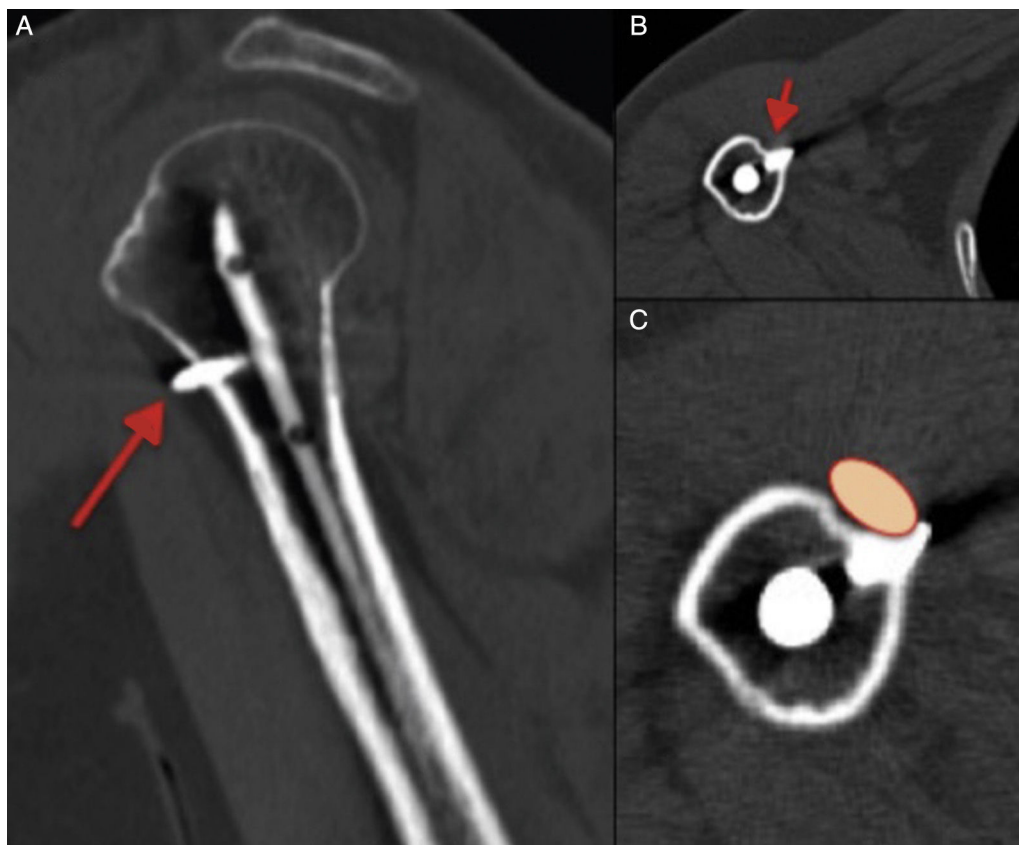
Nuestra hipótesis fue que la zona de seguridad que evita el SB puede ser determinada al realizar el bloqueo proximal del CEMR cuidando una correcta orientación del CEM, utilizando como referencia la guía externa del sistema de enclavado y la LCA.

**Método**

Se realizó un estudio experimental *ex-vivo* en el laboratorio de anatomía de una institución académica asociada.

Trece piezas cadavéricas de húmeros disecadas fueron seleccionadas (5 muestras derecha e izquierda emparejadas de los mismos donantes y 3 húmeros izquierdos individuales). Ninguna pieza presentó evidencias de deformidad, fractura o cirugía previa.

La porción distal ventral de las piezas fue posicionada en una superficie plana, paralela a la LCA y el húmero proximal elevado en 10 cm desde el nivel de apoyo del segmento caudal del húmero. Esto permite una adecuada visión anterior-inferior de la LCA y el SB en el cuello quirúrgico,



**Figura 1** En esta tomografía axial computarizada se observa la protrusión e invasión del SB con el tornillo de bloqueo PA cefálico durante un CEMR. A. Vista sagital. La flecha marca el ápex del tornillo. B. Vista axial. El tornillo de bloqueo está en contacto directo con el SB. C. Se representa la posición habitual del tendón bicipital. CEMR: clavo endomedular retrogrado; SB: surco bicipital.

evitando una sobre proyección de las estructuras a analizar (fig. 2).

Para cada pieza se tomó una fotografía con una cámara digital profesional de 16 megapíxeles, fijada con un trípode a un metro de distancia, manteniendo las condiciones de luz y foco estables durante las tomas para evitar variabilidad de la técnica.

Definimos 2 mediciones relevantes: el ángulo del surco (S) y el ángulo complementario lateral (ACL).

Definimos el S como el ángulo formado entre las líneas trazadas desde la pared medial del SB, el límite lateral de la tróclea y la pared lateral del SB (fig. 3), representando el área que queremos evitar con los bloqueos proximales (la *zona de peligro*), midiendo a la altura del cuello quirúrgico del húmero proximal.

El ACL es el ángulo formado por las líneas trazadas desde la LCA, con un punto de partida en el límite lateral de la tróclea y otra línea dirigida a la pared lateral de la SB (la «zona segura») (fig. 3) midiendo a la altura del cuello quirúrgico del húmero proximal.

Seleccionamos la LCA como eje de referencia por sobre la más ocupada línea transepicondilar, dado que creemos que la LCA se correlaciona de mejor forma con la anatomía macroscópica del codo cuando se apoya del brazo al ser posicionado el paciente en decúbito prono en la mesa operatoria (la posición usual del CEMR). El uso intraoperatorio de esta

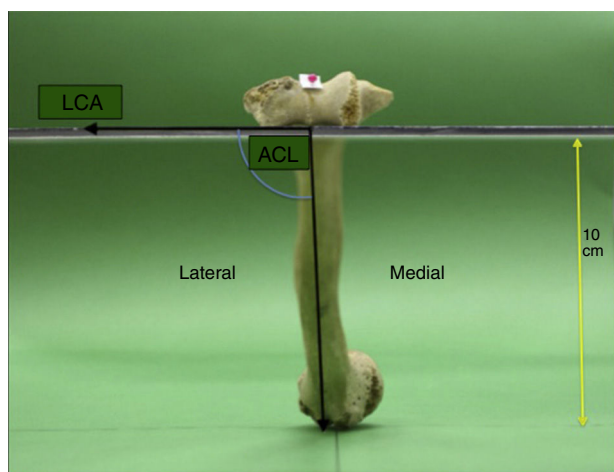
referencia asiste y facilita la orientación espacial en referencia al húmero proximal. Otra ventaja de la LCA es que no es necesario cambiar la posición del paciente durante la cirugía.

El límite lateral de la tróclea fue elegido como referencia porque es fácil de localizar durante el abordaje del CEMR debido a su proximidad anatómica con su sitio de inserción<sup>4</sup>.

Para el análisis de las fotografías de usó el software Image J (Version 1.49c, National Institutes of Health, EE. UU.). Tres observadores independientes midieron el S y ACL en todos los especímenes en un procedimiento ciego, mostrado en las figuras 2 y 3.

## Estadística

Como mediciones de acuerdo intra e interobservador se calculó un coeficiente de correlación de intraclass (CCI) con intervalos de confianza de 95%<sup>6</sup> usando el Statistical Package for the Social Sciences software (SPSS) version 20 (IBM, Armonk, NY, EE. UU.). Un valor del CCI mayor que 0,81 fue considerado indicador de correlación casi perfecta, 0,61 a 0,80 correlación sustancial, 0,41 a 0,60 correlación moderada, 0,21 a 0,40 correlación justa y 0,0 a 0,20 correlación escasa<sup>7</sup>. El valor de p se definió en  $p < 0,05$ .



**Figura 2** En esta figura se observa una muestra ósea humeral colocada sobre el área de medición. La cara anterior del segmento distal humeral se apoya en una superficie paralela al suelo, con una elevación de 10 cm para permitir visión simultánea del húmero proximal y distal.

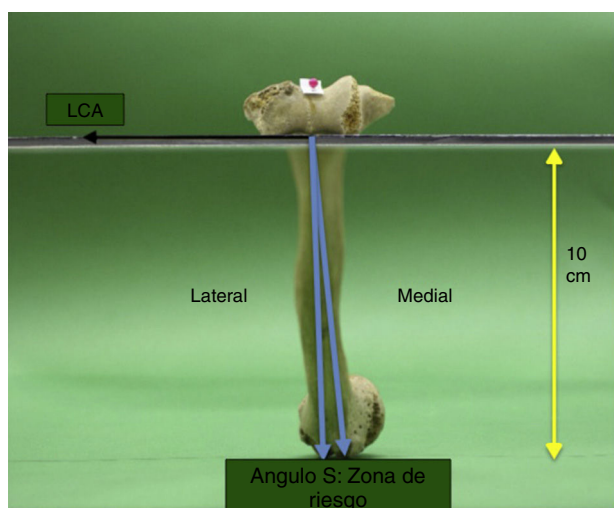
Ambas flechas se originan en el segmento más lateral de la tróclea del codo. La flecha horizontal sigue la LCA y la flecha vertical está dirigida al labio lateral del SB. El ángulo formado entre estas flechas representa el ACL.

ACL: ángulo complementario lateral; LCA: línea intercondílea anterior.

## Resultados

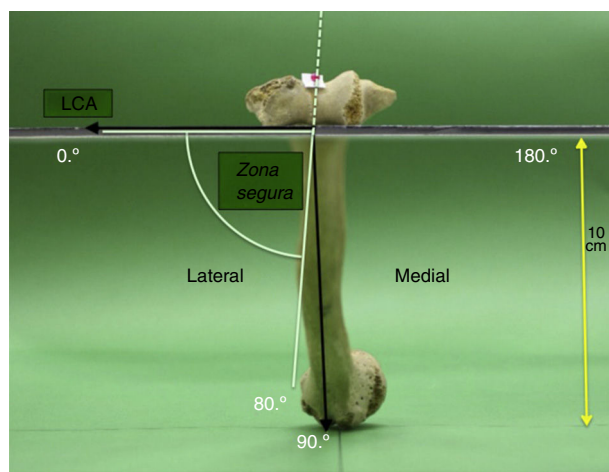
En la medición del ACL se obtuvo un promedio de  $87,5^\circ \pm 3,3$ , con un rango de 81,3 a 92,5. El CCI fue de 0,304 ( $p = 0,217$ ) (tabla 1).

Esta medición indica que si el bloqueo PA está situado entre los  $0^\circ$  y los  $80^\circ$  no estarán en proximidad con el tendón largo del bíceps (fig. 4).



**Figura 3** En esta figura se observa el ángulo S, formado por las 2 flechas azules, ambas originadas en un punto localizado en la cara lateral de la tróclea del codo, dirigidas hacia los labios medial y lateral del SB.

S: ángulo del surco bicipital; SB: surco bicipital.



**Figura 4** La línea punteada representa el eje de la guía del clavo, orientada hacia lateral de la zona segura, tratando de evitar el SB.

SB: surco bicipital.

En la medición de S se documentó un valor promedio de  $3^\circ \pm 0,5$ , con un rango de 2,3 a 4. El CCI fue de 0,527 ( $p = 0,057$ ) (tabla 2).

Esta medición sugiere que el SB, medido a la altura del cuello quirúrgico, usando los mayores valores obtenidos, se localiza dentro de un rango no mayor a  $5^\circ$  (variabilidad).

## Discusión

La anatomía del húmero proximal y el surco bicipital han sido analizadas en diversos estudios, principalmente con la intención descriptiva de parámetros macroscópicos de puntos de referencia para la realización de procedimientos protésicos. Muchos de estos estudios describen una importante variabilidad en sus resultados<sup>8-13</sup>.

Balg et al.<sup>9</sup> encontró una alta variabilidad en la orientación del surco bicipital (rango de  $22^\circ$  a  $90^\circ$ ) y en la orientación del surco bicipital a nivel del cuello anatómico y quirúrgico ( $9^\circ$  en promedio), destacando la poca confiabilidad del uso del SB como referencia anatómica durante una artroplastia. Esta variabilidad hace difícil el predecir la localización del SB a nivel del bloqueo proximal PA durante el CEMR humeral.

En nuestro estudio documentamos resultados similares, con una alta variabilidad en la posición, pero principalmente en el ancho del SB, con un rango de entre  $2^\circ$  a  $4^\circ$ . Esta medida no es clínicamente relevante por sí sola, al ser de una dimensión difícilmente identificable durante una cirugía.

En este estudio realizamos mediciones del SB en 13 muestras, definiendo esta área como la zona de riesgo en la posible protrusión de los bloqueos PA proximales. Posteriormente a la documentación de nuestras mediciones del S y ACL, definimos arbitrariamente 3 desviaciones estándar del valor promedio para la medición de ambos ángulos como la zona segura, considerando este un valor seguro de dispersión (incrementando los parámetros de seguridad lo más posible para disminuir el riesgo de protrusión del tornillo en el SB).

**Tabla 1** En esta tabla presentamos las mediciones del ángulo S. El valor de dispersión entre los valores mínimo y máximo fue de 3,5°

Ángulo del surco bicipital						
Evaluador	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
1	13	2,4	2,9	5,3	3,7	0,6
2	13	1,2	2,1	3,3	2,7	0,4
3	13	1,7	1,8	3,5	2,7	0,5

**Tabla 2** En esta tabla presentamos las mediciones del ACL. El valor de dispersión entre los valores mínimo y máximo fue de 12,2°

Ángulo complementario lateral						
Evaluador	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
1	13	11,7	80,3	92	87,2	3,2
2	13	11,1	81,8	92,9	88,1	3,5
3	13	10,8	81,7	92,5	87,1	3,1

El valor de S fue restado del ACL con intención de excluir esa zona de riesgo. De esta forma determinamos que la zona segura se localiza entre los 0° y 80° respecto a la LCA.

Si se requiere del uso de un bloqueo proximal PA se recomienda el cuidado de rotar el clavo hasta máximo 80° con respecto a la LCA (rotar hacia la cabeza del paciente) con el propósito de prevenir que el bloqueo PA invada el SB y lesione el tendón largo del bíceps.

En el presente trabajo no evaluamos específicamente la retroversión del SB. Debe considerarse que la referencia usada en la mayoría de los trabajos descritos en la literatura es la línea transepicondilar<sup>9,10,14</sup>, a diferencia de la línea condilar anterior (LCA) ocupada por nuestro grupo; consiguientemente, las mediciones obtenidas en este trabajo no son comparables con otros trabajos.

Sin embargo, considerando que la referencia específica no es similar, consideramos que la variabilidad sí puede ser comparada. La variabilidad observada por Balg et al.<sup>9</sup> es mucho mayor que la encontrada en nuestro estudio. Esto puede tener varias explicaciones, incluyendo el tamaño y la demografía de la muestra. De todas formas, el 95% de los 40 húmeros estudiados por Balg et al.<sup>9</sup> presentaron una retroversión al nivel del cuello anatómico entre 51.3° a 60.3° y de 61.6° a 68.7° al nivel del cuello quirúrgico.

Los bloqueos proximales del CEMR humeral usualmente se localizan al nivel del cuello quirúrgico. Considerando esto, es razonable concluir que la variabilidad a este nivel es baja, aproximadamente 7° en la mayoría de los casos. Estos datos son concordantes con nuestros resultados<sup>9</sup>.

Consideramos que nuestro estudio presenta varias limitaciones. Ignoramos la demografía de los especímenes, por lo que no sabemos si son representativos de la población general.

El método usado para medir los ángulos no es tan preciso como una tomografía computarizada, lo que se refleja en el bajo CCI documentado (concordancia justa a moderada). Sin embargo, creemos que es aceptable para el objetivo propuesto, considerando que la variabilidad de los ángulos es

baja y que incrementamos la «zona de peligro» a 3 DS para disminuir el riesgo de invasión del SB.

Consideramos importante destacar que los resultados obtenidos en estudios cadavéricos no deben necesariamente ser extrapolados a la práctica clínica.

Dada la anatomía del canal endomedular y las distintas configuraciones de fracturas posibles es previsible que no sea posible rotar el CEMR durante la cirugía. Para estos casos sugerimos evitar el uso de bloqueos PA y optar por bloqueos lateral-mediales.

Según entendemos, este es el primer estudio en reportar invasión del SB por bloqueos proximales en el CEMR. Si la ubicación del SB no es considerada durante la cirugía, existe riesgo de penetración de material de osteosíntesis e irritación bicipital que usualmente requiere retiro del tornillo. Nosotros proponemos dirigir el bloqueo PA en un ángulo menor a 80° respecto a la LCA para evitar esta complicación. Se requieren de mayores estudios, tanto clínicos como imagenológicos, idealmente de tipo prospectivo y aleatorizado, para confirmar nuestros resultados.

## Conclusión

En este estudio *ex-vivo* la zona segura para dirigir los bloqueos PA proximales durante un CEMR debe localizarse entre 0 y 80°, relativos a la LCA.

## Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

**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 no presentan ningún conflicto de intereses ni se recibe ningún beneficio personal o profesional directa o indirectamente en relación con este estudio.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Oscar Insunza, Jefe del Departamento de Anatomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile, quien de manera desinteresada y siguiendo su enorme espíritu académico, facilitó las muestras estudiadas, permitiendo la realización de este estudio.

### Bibliografía

1. Brinker MR, O'Connor DP. The incidence of fractures and dislocations referred for orthopaedic services in a capitated population. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A:290-7.
2. Wali MGR, Baba AN, Latoo IA, Bhat NA, Baba OK, Sharma S. Internal fixation of shaft humerus fractures by dynamic compression plate or interlocking intramedullary nail: A prospective, randomized study. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2014;9:133-40.
3. Cheng HR, Lin J. Prospective randomized comparative study of antegrade and retrograde locked nailing for middle humeral shaft fracture. *J Trauma Inj Infect Crit Care.* 2008;65:94-102.
4. Rommens PM, Blum J, Runkel M. Retrograde nailing of humeral shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;4:26-439.
5. Baltov A, Mihail R, Dian E. Complications after interlocking intramedullary nailing of humeral shaft fractures. *Injury.* 2014;45:S9-15.
6. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull.* 1979;86:420-8.
7. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977;33:159-74.
8. Abboud JA, Bartolozzi AR, Widmer BJ, DeMola PM. Bicipital groove morphology on MRI has no correlation to intra-articular biceps tendon pathology. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19:790-4.
9. Balg F, Boulianne M, Boileau P. Bicipital groove orientation: Considerations for the retroversion of a prosthesis in fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg.* 2006;15:195-8.
10. Johnson JW, Thostenson JD, Suva LJ, Hasan SA. Relationship of bicipital Groove rotation with humeral head retroversion: A three-dimensional computed tomographic analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95:719-24.
11. Rommens PM, Kuechle R, Bord T, Lewens T, Engelmann R, Blum J. Humeral nailing revisited. *Injury.* 2008;39:1319-28.
12. Wafae N, Atencio Santamaría LE, Vitor L, Pereira LA, Ruiz CR, Wafae GC. Morphometry of the human bicipital groove (sulcus intertubercularis). *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19:65-8.
13. Ward AD, Hamarneh G, Schweitzer ME. 3D bicipital groove shape analysis and relationship to tendopathy. *J Digit Imaging.* 2008;21:219-34.
14. Boileau P, Bicknell RT, Mazzoleni N, Walch G, Urien JP. CT scan method accurately assesses humeral head retroversion. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466:661-9.