

Influencia de la consolidación de las tuberosidades en los resultados clínicos de la prótesis invertida para fracturas de húmero proximal

Luciano A. Rossi, Camila Juana, Cecilia Fieiras, Rodrigo Brandariz, Ignacio Tanoira, Maximiliano Ranalletta

Sector de Patología de Hombro, Servicio de Ortopedia y Traumatología, Instituto de Ortopedia y Traumatología "Prof. Dr. Carlos E. Ottolenghi", Hospital Italiano de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Objetivo: Comparar los resultados clínicos y las complicaciones de una serie consecutiva de pacientes con fracturas de húmero proximal tratados con prótesis invertida de hombro y con consolidación anatómica de las tuberosidades o sin ella. **Materiales y Métodos:** Se evaluó a 113 pacientes >65 años con fractura de húmero proximal tratados con prótesis invertida de hombro. Setenta presentaron consolidación anatómica de las tuberosidades y 43, ausencia de consolidación. Se evaluó el rango de movilidad, y se utilizaron los puntajes de Constant-Murley, ASES, SANE y la escala analógica visual. Se documentaron todas las complicaciones y las reoperaciones. **Resultados:** El seguimiento promedio fue de 56 meses (rango 24-96) y la edad media era de 73 años (rango 65-83). La elevación activa y la rotación interna medias posoperatorias fueron de $131^\circ (\pm 14)$ y $27^\circ (\pm 5)$, respectivamente. La rotación externa posoperatoria media en abducción y aducción fue de $27^\circ (\pm 1)$ y $15^\circ (\pm 6)$, respectivamente. La escala analógica visual promedio posoperatoria fue de $1,7 (\pm 0,8)$. Los puntajes ASES, de Constant-Murley y SANE promedio fueron de $76 (\pm 6)$, $62 (\pm 11)$ y $74\% (\pm 7)$, respectivamente. La elevación anterior, la rotación externa y los puntajes funcionales promedio finales ASES y de Constant-Murley fueron significativamente mejores en el grupo con consolidación de las tuberosidades. **Conclusiones:** En pacientes >65 años con fractura de húmero proximal tratados con prótesis invertida de hombro tanto la movilidad posoperatoria, como los puntajes funcionales fueron significativamente mejores en los pacientes con consolidación anatómica de las tuberosidades.

Palabras clave: Fractura de húmero proximal; prótesis invertida; reconstrucción tuberositaria.

Nivel de Evidencia: III

Influence of the Consolidation of the Tuberosities on the Clinical Outcomes of the Reverse Arthroplasty in Proximal Humerus Fractures

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to compare the clinical outcomes and complications of a consecutive series of patients with proximal humerus fractures (PHF) treated with reverse shoulder arthroplasty (RSA), with and without anatomical healing of the tuberosities. **Materials and Methods:** We evaluated 113 patients >65 years old with PHF treated with RSA. Seventy patients presented anatomical healing of the tuberosities and 43 presented absence of healing. Range of motion (ROM), Constant score, ASES score, visual analog scale (VAS) and the score of the numerical evaluation of single evaluation (SANE) were evaluated. **Results:** The mean follow-up was 56 months (range, 24-96 months) and the mean age was 73 years (range, 65-83 years). Mean postoperative active elevation and internal rotation were $131^\circ (\pm 14)$ and $27^\circ (\pm 5)$, respectively. The mean postoperative external rotation in abduction and adduction was $27^\circ (\pm 1)$ and $15^\circ (\pm 6)$ respectively. The mean postoperative VAS was $1.7 (\pm 0.8)$. The mean ASES, Constant and SANE scores were $76 (\pm 6)$, $62 (\pm 11)$ and $74\% (\pm 7)$, respectively. Anterior elevation, external rotation, and final mean ASES and Constant functional scores were significantly better in the group with tuberosity healing than in the group without healing. **Conclusions:** In patients >65 years old with PHF treated with RSA, both postoperative ranges of motion and functional scores were significantly better in patients where anatomic tuberosity healing was achieved than in those where it was not achieved.

Key words: Proximal humerus fracture; reverse arthroplasty; tuberosities reconstruction.

Level of Evidence: III

Recibido el 26-12-2021. Aceptado luego de la evaluación el 23-2-2022 • Dr. LUCIANO A. ROSSI • luciano.rossi@hiba.org.ar

 <https://orcid.org/0000-0002-1397-2402>

Cómo citar este artículo: Rossi LA, Juana C, Fieiras C, Brandariz R, Tanoira I, Ranalletta M. Influencia de la consolidación de las tuberosidades en los resultados clínicos de la prótesis invertida para fracturas de húmero proximal. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2022;87(4):466-475. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2022.87.4.1487>

INTRODUCCIÓN

Si bien la mayoría de las fracturas de húmero proximal (FHP) que sufren los pacientes >65 años evolucionan favorablemente con el tratamiento conservador, un subgrupo de fracturas complejas se asocia a malos resultados funcionales y una alta tasa de complicaciones, como pseudoartrosis y consolidaciones viciosas.^{1,2} En este subgrupo, se encuentran las fracturas a cuatro fragmentos con conminución de las tuberosidades, las luxofracturas y las fracturas que presentan un *split* de la cabeza humeral.¹⁻³

La osteosíntesis de estos subgrupos de fracturas también se asocia a resultados subóptimos, principalmente a expensas de una alta tasa de complicaciones relacionadas con el implante, como la falla de la osteosíntesis y la osteonecrosis secundaria.⁴ Otra alternativa propuesta para el manejo de estas fracturas complejas fue el reemplazo de la cabeza humeral con una hemiartroplastia.⁵ Sin embargo, una desventaja de este procedimiento es que depende absolutamente de la consolidación anatómica de las tuberosidades para su normal funcionamiento.⁵ Esto, muchas veces, es un desafío en el contexto de fracturas complejas en pacientes con hueso osteoporótico, a menudo, con conminución o una muy mala calidad ósea para efectuar la reconstrucción alrededor del implante. Boileau y cols. evaluaron a 66 pacientes tratados con hemiartroplastia por FHP desplazadas y comunicaron que el 50% de los pacientes tenía una mala posición de las tuberosidades en la radiografía de la evaluación final. Esto se asoció a resultados insatisfactorios, migración superior de la prótesis, rigidez y dolor persistente.⁶

Los resultados impredecibles de la osteosíntesis y de la hemiartroplastia en este subgrupo de pacientes han motivado a diferentes cirujanos a utilizar la prótesis invertida de hombro (PIH) para el manejo de estos patrones complejos.⁷ La PIH, al utilizar principalmente el deltoides para su normal funcionamiento, no depende de la consolidación de las tuberosidades para lograr un buen resultado clínico.^{8,9} Sin embargo, en el troquíter y el troquín, se insertan los principales rotadores externos e internos del hombro, respectivamente. Por lo tanto, algunos autores sostienen que, a pesar de que el principal motor de la PIH es el deltoides, se debería hacer el mayor intento posible por reconstruir las tuberosidades y lograr la mejor función posoperatoria posible.^{10,11}

El objetivo de este estudio fue comparar los resultados clínicos y las complicaciones de los pacientes con FHP tratados con PIH, con consolidación anatómica de las tuberosidades o sin ella.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio de cohorte retrospectivo comparativo. Todos los pacientes a quienes se les había colocado una PIH por FHP en nuestra institución, entre enero de 2013 y febrero de 2019 fueron examinados para su inclusión en este estudio. La información para el desarrollo del estudio se obtuvo del registro de artroplastias de hombro de nuestra institución. Inicialmente se identificó a 160 pacientes para incluir en el estudio.

Criterios de selección

Los criterios de inclusión fueron pacientes >65 años con FHP aguda (<4 semanas desde la lesión), tratados con PIH y un seguimiento mínimo de dos años. Los criterios de exclusión fueron la muerte del paciente o la pérdida en el seguimiento y PIH colocada por secuelas de la fractura (pseudoartrosis o consolidación viciosa). Se excluyó a 37 pacientes: 20 habían sido tratados por secuelas de fracturas (14 pseudoartrosis, 6 consolidaciones viciosas), ocho habían fallecido, cinco tenían <65 años y cuatro desarrollaron una demencia severa y fueron internados en instituciones por lo que su evaluación era imposible. Además, 10 pacientes se perdieron en el seguimiento. Así, 113 pacientes fueron elegibles para su inclusión en el estudio: 70 con consolidación anatómica de las tuberosidades y 43 sin consolidación. Se revisaron las radiografías y la tomografía computarizada preoperatorias para clasificar los patrones de fractura según la clasificación de Neer.¹²

Técnica quirúrgica

La cirugía estuvo a cargo de tres cirujanos de hombro de nuestra institución que utilizaron la PIH Biomet (Biomet Comprehensive® Shoulder System). Los pacientes fueron operados en posición de silla de playa. Todas las prótesis se implantaron mediante un abordaje deltopectoral estándar. Una vez localizadas las tuberosidades, se aseguraron mediante suturas no absorbibles a través de la inserción tendinosa. Para la preparación glenoidea, la guía de la metaglena se alineó con el borde glenoideo inferior con una inclinación inferior de 10°. La metaglena se impactó en la glena y se fijó con un tornillo cortical central y cuatro tornillos de bloqueo periféricos. Después de insertar la metaglena, se insertó la glenosfera elegida. El tamaño de la glenosfera (36 o 40 mm) se eligió en función del tamaño del paciente. El canal medular humeral fue fresado hasta el tamaño apropiado. Todos los tallos colocados fueron cementados y se colocó un restrictor de cemento en el canal humeral a una profundidad adecuada

para el vástago seleccionado. Las prótesis humerales se colocaron a 20° de retroversión y se utilizaron minivástagos en todos los pacientes. El vástago humeral se cementó en la diáfisis humeral después de crear dos orificios en la cortical lateral del húmero y se pasaron suturas no absorbibles a través de estos orificios. Una vez cementado el vástago, se insertó la prueba del polietileno. A continuación, se confirmó la estabilidad intraoperatoria del implante y se comprobó que el paciente tuviera un rango de movilidad pasiva completo. Tras comprobar que se cumplían estas dos condiciones, se colocó el polietileno definitivo. La reconstrucción de las tuberosidades se realizó, de forma estandarizada, en todos los pacientes. Para ello, primero se ataron las tuberosidades a la diáfisis con dos puntos verticales. A continuación, se ataron dos suturas de cerclaje horizontales para comprimir la tuberosidad anatómicamente reducida sobre el vástago humeral (Figura 1). Después se cerró la herida, primero el plano muscular, luego, el celular subcutáneo y, por último, la piel. No se colocaron drenajes.

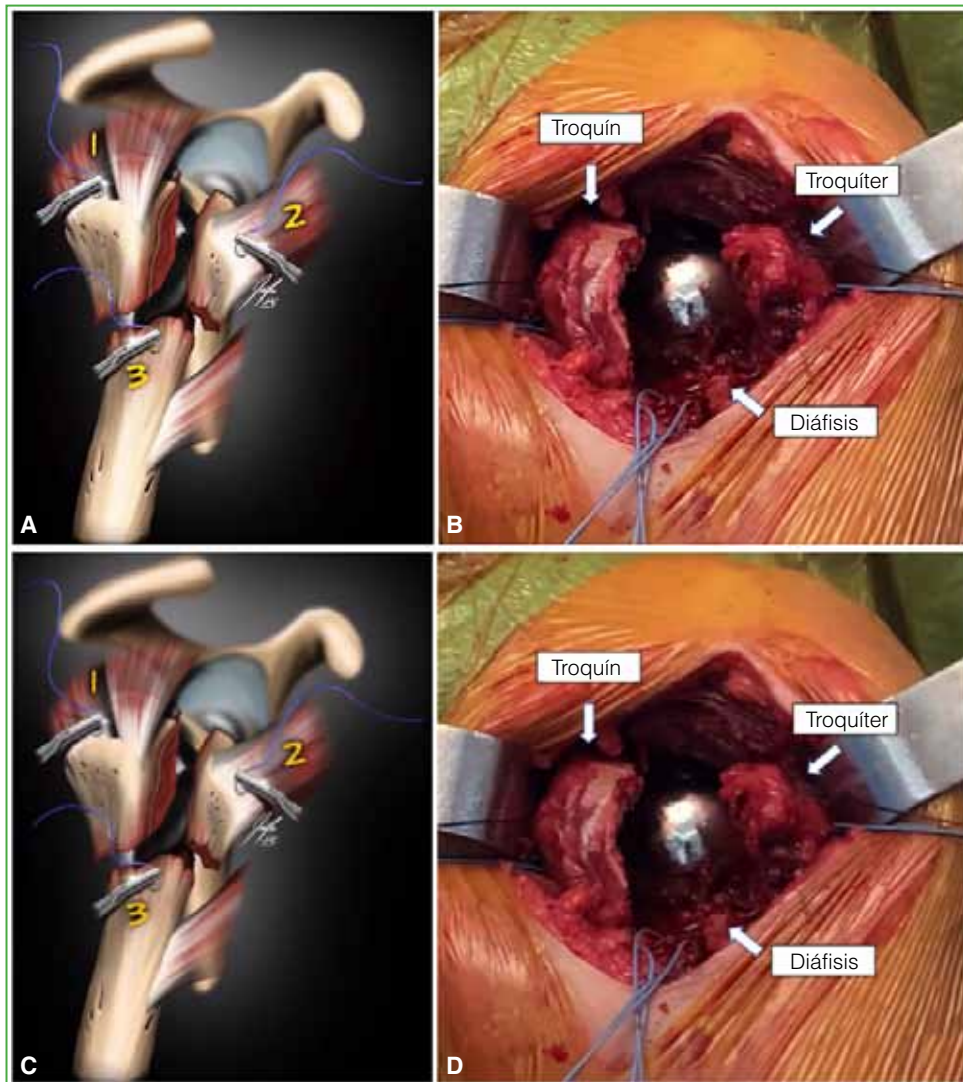


Figura 1. A. Ilustración. B. Imagen intraoperatoria de las tuberosidades antes de su reconstrucción. C. Ilustración. D. Imagen intraoperatoria de las tuberosidades reconstruidas alrededor de la prótesis.

Protocolo de rehabilitación

Todos los pacientes fueron tratados con el mismo protocolo de rehabilitación posoperatorio. Se les colocó un cabestrillo de hombro durante un período de cuatro semanas y se los animó a realizar ejercicios activos de movimiento del codo, la muñeca y la mano. A partir de la quinta semana, se retiró el cabestrillo y se iniciaron los ejercicios de movilidad pasiva del hombro con flexión hacia adelante limitada a 90° durante dos semanas. La movilidad activa se inició a las 6-8 semanas de la operación y luego comenzó el entrenamiento de fuerza y coordinación.

Evaluación clínica y radiográfica

Los controles posoperatorios se realizaron a intervalos de 2 semanas, 4 semanas, 3 meses, 6 meses, 12 meses y anualmente a partir de entonces. Cada evaluación posoperatoria incluyó un examen clínico e imágenes radiográficas en proyecciones anteroposterior y lateral de hombro. Las evaluaciones en cada visita desde el tercer mes en adelante incluyeron: el rango de movilidad, los puntajes de Constant-Murley, ASES (*American Shoulder and Elbow Surgeons*) y SANE (*Single Assessment Numeric Evaluation*) y la escala analógica visual (EAV). Se definió consolidación anatómica de las tuberosidades como la consolidación ósea de la tuberosidad mayor cicatrizada visible en la radiografía anteroposterior en rotación neutra (Figuras 2 y 3).¹⁰

Las evaluaciones radiográficas estuvieron a cargo de dos médicos independientes (LR e IT). En caso de discrepancia, se definió la presencia de consolidación anatómica por consenso entre los dos evaluadores.

Se documentaron todas las complicaciones intra y posoperatorias y las reoperaciones.



Figura 2. Radiografías de hombro izquierdo, proyección anteroposterior preoperatoria (A) y al año de la cirugía de una fractura de húmero proximal izquierdo tratada con prótesis invertida (B). Se observa la consolidación anatómica de las tuberosidades.



Figura 3. Radiografía de hombro derecho, proyección anteroposterior preoperatoria (A) y al año de la cirugía de una fractura de húmero proximal derecho tratada con prótesis invertida (B). Se observa la reabsorción de las tuberosidades.

Análisis estadístico

Las variables continuas se presentan como medias y desviaciones estándar, y las categóricas, como frecuencias absolutas y relativas. Las características de los pacientes se compararon entre los grupos “con consolidación anatómica” y “sin consolidación anatómica” con la prueba χ^2 y la prueba t para variables categóricas y continuas. Para calcular las diferencias en el rango de movilidad y los puntajes funcionales entre los grupos, se utilizó la prueba t de Student independiente. Se consideró estadísticamente significativo un valor $p < 0,05$.

El análisis estadístico se realizó con el programa STATA MP versión 16 (Stata Corporation, College Station, TX, EE.UU.).

RESULTADOS

El seguimiento promedio fue de 56 meses (rango 24-96) y la media de la edad era de 73 años (rango 65-83). El 62% eran mujeres (70 pacientes) y el 38%, hombres (43 pacientes). No había diferencias significativas entre los grupos con consolidación anatómica y sin consolidación en cuanto a las características del paciente y de la lesión (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de las características clínicas basales entre los pacientes con consolidación de las tuberosidades y sin consolidación

	Grupo 1 Consolidación (n = 70)	Grupo 2 Sin consolidación (n = 43)	p
Edad, promedio (DE), años	73.7 (7)	74.1 (8)	0,6484*
Miembro dominante, n (%)	40 (57%)	24 (56%)	0,6132#
Mujeres, n (%)	42 (60%)	28 (65%)	0,8518#
Índice de masa corporal, promedio (DE)	30,2 (7)	29,9 (9)	0,4273*
Lado operado: derecho, n (%)	36 (51%)	23 (53%)	0,9759#
Puntaje ASA, n (%)			0,8513#
II	31 (44%)	20 (47%)	
III	39 (56%)	23 (53%)	
Seguimiento, promedio (DE), meses	55.1 (8.2)	58.3 (9.5)	0,0827*
Clasificación de las fracturas			
4 partes, n (%)	25 (36%)	11 (26%)	
3 partes, n (%)	30 (43%)	19 (44%)	
Luxo-fractura, n (%)	10 (14%)	10 (23%)	
<i>Split</i> de la cabeza, n (%)	5 (7%)	(7%)	

ASA = American Society of Anesthesiologists, DE = desviación estándar.

*Prueba t para muestras independientes con varianzas similares.

#Prueba χ^2 .

En general, la elevación activa media posoperatoria y la rotación interna fueron de $131^\circ (\pm 14)$ y $27^\circ (\pm 5)$, respectivamente. La rotación externa media posoperatoria en abducción y aducción fue de $27^\circ (\pm 1)$ y $15^\circ (\pm 6)$, respectivamente. El puntaje medio posoperatorio de la EAV fue de $1,7 (\pm 0,8)$. Los puntajes ASES, de Constant-Murley y SANE medios posoperatorios fueron $76 (\pm 6)$, $62 (\pm 11)$ y $74 (\pm 7)$, respectivamente. El 85% de los pacientes refirió estar satisfecho con el procedimiento. La elevación anterior, la rotación externa y los puntajes funcionales ASES y de Constant-Murley promedio finales fueron significativamente mejores en el grupo con consolidación de las tuberosidades que en el grupo sin consolidación (Tabla 2). Hubo 13 complicaciones (11,5%), ocho en el grupo con consolidación (11%) y cinco en el grupo sin consolidación (12%) ($p = 0,579$) (Tabla 3).

Tabla 2. Comparación de los resultados funcionales entre los pacientes con consolidación de las tuberosidades y sin consolidación

	Grupo 1 Consolidación (n = 70)	Grupo 2 Sin consolidación (n = 43)	p
Elevación activa	137° (19)	120° (11)	<0,001*
Rotación externa, abducción	36° (9)	23° (8)	<0,001*
Rotación externa, aducción	22° (7)	13° (7)	0,0187*
Rotación interna, aducción	28° (6)	26° (7)	0,7803*
EAV para dolor	1,6 (0,6)	1,8 (0,9)	0,0791*
Puntaje ASES	78 (6)	65(6)	<0,001*
Puntaje de Constant-Murley	64 (9)	53 (8)	<0,001*
Puntaje SANE, %	79% (9)	73% (9)	0,4052*
Satisfacción, %	87% (8)	84% (7)	0,6752*

EAV = escala analógica visual, ASES = *American Shoulder and Elbow Surgeons*, SANE = *Single Assessment Numeric Evaluation*.

Los datos se presentan como promedio (desviación estándar).

*Prueba t para muestras independientes con varianzas similares.

Tabla 3. Comparación de las complicaciones entre los pacientes con consolidación de las tuberosidades y sin consolidación

	Total (n = 13)	Grupo 1 Consolidación (n = 8)	Grupo 2 Sin consolidación (n = 5)	Tratamiento
Complicaciones				
Luxación	4	2	2	Cambio de <i>liner</i>
Fractura periprotésica	3	2	1	RAFI
Infección periprotésica	3	2	1	Revisión en 2 tiempos
Neuropaxias	2	1	1	Control
Aflojamiento de la glenosfera	1	1	0	Cambio de glenosfera
Hallazgos radiográficos				
<i>Notching</i> [#]	4	3	1	Asintomáticos
Radiolucidez humeral*	4	2	2	Asintomáticos

RAFI = reducción abierta y fijación interna.

[#]Según Sirveaux y cols.¹³

*Según Sanchez-Sotelo y cols.¹⁴

DISCUSIÓN

Hubo dos principales hallazgos en nuestro estudio. En primer lugar, si bien en general, la PIH en los ancianos con FHP se acompañó de resultados clínicos favorables y altas tasas de satisfacción, tanto la movilidad posoperatoria, como los puntajes funcionales fueron significativamente mejores en los pacientes con consolidación anatómica de las tuberosidades que en aquellos sin consolidación. En segundo lugar, respecto a las complicaciones y las reoperaciones, no se hallaron diferencias significativas entre los grupos analizados.

En la última década, la PIH se ha convertido en la primera opción quirúrgica para el tratamiento de FHP complejas.⁷ La cirugía de PIH para las FHP aumentó un 406% entre 2005 y 2012 y, en 2013, superó a la hemiartroplastia en pacientes >65 años.^{15,16} Mientras que la hemiartroplastia y la reducción abierta y fijación interna de las fracturas se basa en la activación del acoplamiento de fuerza y la compresión de la concavidad a través de las inserciones del manguito rotador en las tuberosidades, la PIH utiliza el deltoides como la fuerza impulsora evitando, en cierto punto, el manguito rotador.^{17,18} Sin embargo, algunos estudios han demostrado mejores resultados en la rotación posoperatoria cuando se logra la reducción anatómica de las tuberosidades, ya que la compresión de la concavidad proporcionada por el manguito rotador optimiza la función de los grupos de músculos más grandes alrededor del hombro, sumada a la acción propia del manguito rotador como rotador interno y externo en sí mismo.^{19,20}

En nuestro estudio, la mayoría de los pacientes obtuvo resultados clínicos posoperatorios favorables. El puntaje promedio posoperatorio de la EAV fue de 1,7 y los puntajes ASES y de Constant-Murley posoperatorios promedio fueron de 76 y 62, respectivamente. Además, el 85% refirió estar satisfecho con el procedimiento. Sin embargo, la elevación anterior, la rotación externa y los puntajes funcionales promedio finales ASES y de Constant-Murley fueron significativamente mejores en el grupo con consolidación de las tuberosidades que en el grupo sin consolidación. Las ventajas clínicas de la consolidación de las tuberosidades en este tipo de pacientes también fueron publicadas por otros autores.^{10,11}

En un metanálisis de 2019, Jain y cols. compararon los resultados clínicos y funcionales de la PIH en FHP con consolidación de las tuberosidades y sin consolidación.¹¹ Los autores evaluaron siete estudios que incluían 381 pacientes y detectaron que los pacientes con tuberosidades consolidadas tenían una significativamente mejor elevación anterior activa (134° frente a 112°), abducción (114° frente a 95°), rotación externa (27° frente a 7°) y puntaje de Constant-Murley (63 frente a 56) ($p < 0,05$) que aquellos con tuberosidad no consolidada.¹¹ En otro metanálisis similar más reciente, O'Sullivan y cols. evaluaron 21 estudios con 873 pacientes y compararon los resultados en pacientes con consolidación de las tuberosidades o sin consolidación.¹⁰ Los pacientes con cicatrización de la tuberosidad tenían una elevación anterior activa 18° mayor ($p = 0,008$) y una rotación externa 16° mayor ($p < 0,001$) que aquellos con tuberosidades no consolidadas.

En un metanálisis reciente de la bibliografía, se analizaron las complicaciones asociadas al tratamiento de las FHP con PIH. Los autores comunicaron una tasa de complicaciones del 5,5% y 9,7% con la PIH no cementada y cementada, respectivamente.²¹ En nuestro estudio, la tasa de complicaciones fue del 11,5% y no varió entre los dos grupos (11% y 12%). Creemos importante destacar que la PIH para el manejo de las FHP tiene una curva de aprendizaje larga que implica realizar, como mínimo, 20 procedimientos.²² Por lo tanto, consideramos conveniente que este tipo de cirugías esté en manos de cirujanos con experiencia en trauma y reconstrucción articular del hombro para lograr resultados óptimos.

Este estudio tiene algunas limitaciones que deben ser mencionadas. En primer lugar, a todos los pacientes se les colocó el mismo implante. Esto tiene la ventaja de que la serie evaluada sea más homogénea, pero los resultados obtenidos con este implante no se pueden generalizar a todos los diseños de prótesis invertida disponibles en el mercado. De esta manera, no fue posible evaluar las implicancias que tienen en los resultados las variaciones entre los diferentes tipos de prótesis invertida, como pueden ser el ángulo de inclinación del tallo, los diseños de tallos específicos para fracturas, y las glenosferas lateralizadas en comparación con las medializadas. En segundo lugar, aunque el objetivo del estudio fue evaluar resultados a corto plazo, es importante tener en cuenta que, con un período de seguimiento más largo, la cantidad de complicaciones y de revisiones podría aumentar. Finalmente, es importante destacar que, en el grupo "sin consolidación anatómica", se incluyeron pacientes con tuberosidades reabsorbidas, consolidadas en posición no anatómica y con pseudoartrosis. Es posible que un subanálisis de todas estas categorías muestre diferencias entre los subgrupos, lo cual no fue posible en nuestro estudio debido al bajo número de cada uno de estos subtipos.

CONCLUSIÓN

La movilidad y los puntajes funcionales posoperatorios fueron significativamente mejores en los pacientes >65 años con FHP tratados mediante una PIH y con consolidación anatómica de las tuberosidades que en aquellos sin consolidación.

ORCID de C. Juana: <https://orcid.org/0000-0003-4023-6563>
 ORCID de C. Fieiras: <https://orcid.org/0000-0002-2223-4030>
 ORCID de R. Brandariz: <https://orcid.org/0000-0003-1030-1475>

ORCID de I. Tanoira: <https://orcid.org/0000-0002-2869-2390>
 ORCID de M. Ranalletta: <https://orcid.org/0000-0002-9145-4010>

BIBLIOGRAFÍA

1. Handoll HH, Brorson S. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2015;11(11):CD000434. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000434.pub4>
2. Chen L, Xing F, Xiang Z. Effectiveness and safety of interventions for treating adults with displaced proximal humeral fracture: A network meta-analysis and systematic review. *PLoS One* 2016;11(11):e0166801. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166801>
3. Soler-Peiro M, García-Martínez L, Aguilera L, Perez-Bermejo M. Conservative treatment of 3-part and 4-part proximal humeral fractures: a systematic review. *J Orthop Surg Res* 2020;15(1):347. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-01880-7>
4. Suroto H, De Vega B, Deapsari F, Prajasari T, Wibowo PA, Samijo SK. Reverse total shoulder arthroplasty (RTSA) versus open reduction and internal fixation (ORIF) for displaced three-part or four-part proximal humeral fractures: a systematic review and meta-analysis. *EFORT Open Rev* 2021;6(10):941-55. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.210049>
5. Cadet ER, Ahmad CS. Hemiarthroplasty for three- and four-part proximal humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg* 2012;20(1):17-27. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-20-01-017>
6. Boileau P, Krishnan SG, Tinsi L, Walch G, Coste JS, Molé D. Tuberosity malposition and migration: reasons for poor outcomes after hemiarthroplasty for displaced fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 2002;11(5):401-12. <https://doi.org/10.1067/mse.2002.124527>
7. Savin DD, Zamfirova I, Iannotti J, Goldberg BA, Youderian AR. Survey study suggests that reverse total shoulder arthroplasty is becoming the treatment of choice for four-part fractures of the humeral head in the elderly. *Int Orthop* 2016;40(9):1919-25. <https://doi.org/10.1007/s00264-016-3227-y>
8. Goetti P, Denard PJ, Collin P, Ibrahim M, Mazzolari A, Lädermann A. Biomechanics of anatomic and reverse shoulder arthroplasty. *EFORT Open Rev* 2021;6(10):918-31. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.210014>
9. Patiño JM, Martínez CE, Andres B, López Bustos F, Ruiz C, Fiminella H, et al. Resultados funcionales y radiográficos de la prótesis reversa y la reinsertión del troquíter en pacientes con fracturas de húmero proximal. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2020;85(2):133-8. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2020.85.2.994>
10. O'Sullivan J, Lädermann A, Parsons BO, Werner B, Steinbeck J, Tokish JM, et al. A systematic review of tuberosity healing and outcomes following reverse shoulder arthroplasty for fracture according to humeral inclination of the prosthesis. *J Shoulder Elbow Surg* 2020;29(9):1938-49. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.03.032>
11. Jain NP, Mannan SS, Dharmarajan R, Rangan A. Tuberosity healing after reverse shoulder arthroplasty for complex proximal humeral fractures in elderly patients-does it improve outcomes? A systematic review and meta-analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 2019;28(3):e78-e91. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.09.006>
12. Neer CS II. Displaced proximal humeral fractures: part I. Classification and evaluation. 1970. *Clin Orthop Relat Res* 2006;442:77-82. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000198718.91223.ca>
13. Sirveaux F, Favard L, Oudet D, Huquet D, Walch G, Molé D. Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of a multicentre study of 80 shoulders. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86(3):388-95. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.86b3.14024>
14. Sanchez-Sotelo J, Wright TW, O'Driscoll SW, Cofield RH, Rowland CM. Radiographic assessment of uncemented humeral components in total shoulder arthroplasty. *J Arthroplasty* 2001;16(2):180-7. <https://doi.org/10.1054/arth.2001.20905>
15. Dillon MT, Prentice HA, Burfeind WE, Chan PH, Navarro RA. The increasing role of reverse total shoulder arthroplasty in the treatment of proximal humerus fractures. *Injury* 2019;50(3):676-80. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.01.034>
16. Hasty EK, Jernigan EW, 3rd, Soo A, Varkey DT, Kamath GV. Trends in surgical management and costs for operative treatment of proximal humerus fractures in the elderly. *Orthopedics* 2017;40(4):e641-e7. <https://doi.org/10.3928/01477447-20170411-03>

17. Paras T, Raines B, Kohut K, Sabzevari S, Chang YF, Yeung M, et al. Clinical outcomes of reverse total shoulder arthroplasty for elective indications versus acute 3- and 4-part proximal humeral fractures: a systematic review and meta-analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 2022;31(1):e14-e21. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2021.07.014>
18. Gallinet D, Ohl X, Decroocq L, Dib C, Valenti P, Boileau P, et al. Is reverse total shoulder arthroplasty more effective than hemiarthroplasty for treating displaced proximal humerus fractures in older adults? A systematic review and meta-analysis. *Orthop Traumatol Surg Res* 2018;104(6):759-66. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2018.04.025>
19. Pizzo RA, Gianakos AL, Haring RS, Gage MJ, Stevens NM, Liporace FA, et al. Are arthroplasty procedures really better in the treatment of complex proximal humerus fractures? A comprehensive meta-analysis and systematic review. *J Orthop Trauma* 2021;35(3):111-9. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001926>
20. Rugg CM, Coughlan MJ, Lansdown DA. Reverse total shoulder arthroplasty: Biomechanics and indications. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2019;12(4):542-53. <https://doi.org/10.1007/s12178-019-09586-y>
21. Rossi LA, Tanoira I, Ranalletta M, Kunze KN, Farivar D, Perry A, et al. Cemented vs. uncemented reverse shoulder arthroplasty for proximal humeral fractures: a systematic review and meta-analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 2022;31(3):e101-e119. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2021.10.011>
22. Blaas LS, Yuan JZ, Lameijer CM, van de Ven PM, Bloemers FW, Derksen RJ. Surgical learning curve in reverse shoulder arthroplasty for proximal humerus fractures. *JSES Int* 2021;5(6):1034-41. <https://doi.org/10.1016/j.jseint.2021.07.008>