



ORIGINAL

Lesión electromiográfica del nervio axilar en fracturas del extremo proximal del húmero. Estudio prospectivo, observacional, analizando el patrón de fractura

L. Pena Larrea^{a,*}, E. López-Anglada Fernández^b, J. Pena Vázquez^b, A.B. Pérez Morala^c y A.F. Braña Vigil^b

^a Departamento de Traumatología y Cirugía Ortopédica del Hospital Universitario San Agustín, Avilés, España

^b Departamento de Traumatología y Cirugía Ortopédica del Hospital Universitario Central de Asturias, Oviedo, España

^c Departamento de Neurofisiología del Hospital Universitario Central de Asturias, Oviedo, España

Recibido el 12 de septiembre de 2022; aceptado el 4 de marzo de 2023

Disponible en Internet el 9 de marzo de 2023

PALABRAS CLAVE

Fractura de húmero proximal;
Nervio circunflejo;
Daño neurológico;
Electromiografía;
Denervación

Resumen

Objetivo: Descripción y análisis de la relación entre las fracturas de húmero proximal y la lesión traumática del nervio axilar circunflejo.

Material y método: Estudio prospectivo, observacional, de una serie de casos consecutivos de fracturas de extremo proximal de húmero. Se realizó valoración radiográfica, clasificando las fracturas según el sistema AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, Asociación de Grupo de Trabajo para el Estudio de la Fijación Interna de las Fracturas), y electromiografía (EMG) para la evaluación de la lesión del nervio axilar.

Resultados: De 105 casos consecutivos de fracturas de húmero proximal, 31 pacientes cumplían los criterios de inclusión. Muestra: 86% mujeres y 14% hombres con edad media de 71,8 años (30-96 años). De los pacientes incluidos en el estudio, 58% presentó una EMG normal o leve axonotmesis, 23% presentó neuropatía del nervio axilar sin denervación muscular y 19%, lesión con denervación del nervio axilar. Los pacientes que sufrieron fracturas complejas de húmero proximal (AO11B y AO11C) tuvieron más riesgo de presentar lesiones tipo neuropatía axilar con denervación muscular en la EMG, siendo esta relación estadísticamente significativa ($p < 0,001$).

Conclusiones: Los pacientes que sufren fracturas complejas de húmero proximal (AO11B y AO11C) tienen más riesgo de presentar lesiones tipo neuropatía axilar con denervación muscular en la EMG ($p < 0,001$).

© 2023 SECOT. 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: lorenapena89@gmail.com (L. Pena Larrea).

KEYWORDS

Proximal humerus fracture;
Axillary nerve;
Neurological damage;
Electromyography;
Denervation

Electromyographic axillary nerve injury in fractures of the proximal humerus: Prospective, observational study, analysing the fracture pattern

Abstract

Objective: Description and analysis of the relation between the proximal humerus fracture patterns and the traumatic injury of the axillary nerve.

Material and method: Prospective, observational study of a consecutive case series that analyzed proximal humerus fractures. Radiographic evaluation was performed, and AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) system was used to classify the fractures. Electromyography was used to diagnose the axillary nerve injury.

Results: Thirty-one patients on 105 who had a proximal humerus fracture met inclusion criteria. Eighty-six percent of the patients included were women and 14% men. The mean age was 71.8 years (30–96 years). Of the patients included in the study, 58% had normal or mild axonotmesis EMG, 23% had axillary nerve neuropathy without muscle denervation and 19% had injury with axillary nerve denervation. Patients who suffered complex fractures of the proximal humerus (AO11B and AO11C) had a higher risk of presenting axillary neuropathy type lesions with muscle denervation in the EMG, this relationship being statistically significant ($p < 0.001$).

Conclusion: Patients who have more risk on presenting axillary nerve neuropathy with muscle denervation in electromyography are those who present complex proximal humerus fractures AO11B and AO11C ($p < 0.001$).

© 2023 SECOT. 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

Las fracturas del extremo proximal del húmero suponen aproximadamente 6% de las fracturas del adulto y son las terceras en frecuencia en pacientes mayores de 60 años¹. Son lesiones frecuentes en el hueso osteoporótico². El nervio circunflejo es especialmente vulnerable en las fracturas-luxaciones anteriores, debido a que su trayecto se localiza sobre la parte inferior de la cápsula y puede lesionarse o lacerarse por tracción³.

Pocos estudios tratan la relación de la lesión del nervio circunflejo con las fracturas del húmero proximal y casi todos los que hay son retrospectivos y no utilizan electromiografía (EMG) para evaluar la lesión neurológica⁴⁻⁸. Visser et al. estudiaron 143 casos consecutivos de fracturas de húmero proximal tras un traumatismo de baja energía⁹. En este estudio, utilizaron la clasificación de Neer para las fracturas de húmero proximal y el electromiograma para valorar la lesión nerviosa. Ellos encontraron signos de denervación EMG en 96 pacientes (67% de los casos). Las lesiones del nervio fueron más frecuentes en fracturas desplazadas (82%) que en no desplazadas (59%). La lesión nerviosa y la pérdida de fuerza muscular consiguiente se recuperaron en todos los pacientes de la serie.

Assumiendo que la lesión nerviosa puede jugar un papel muy importante en la recuperación de la función del hombro, ya se haya realizado un manejo quirúrgico o conservador, diseñamos un estudio prospectivo de seguimiento de las fracturas con valoración EMG del estado del nervio axilar tras el traumatismo.

Por otra parte, deberíamos tener en cuenta que el intenso dolor que sufren los pacientes con estas fracturas no sólo se debe al componente nociceptivo de la fractura sino a su frecuente y a veces grave afectación nerviosa^{10,11}. Esto

hace que el dolor neuropático acompañe en mayor o menor medida a estos cuadros, que, a veces, es difícil de controlar con analgesia habitual.

El objetivo de este estudio es valorar la lesión del nervio circunflejo en las fracturas del extremo proximal del húmero mediante un estudio neurofisiológico con EMG y electroneurograma; y ver si existe asociación entre el patrón de la fractura y el grado de la lesión del nervio^{10,11}.

Material y método

Se trata de un estudio prospectivo, observacional, de una serie de casos consecutivos: pacientes que acudieron al Servicio de Urgencias de nuestro hospital y que fueron diagnosticados de fractura del extremo proximal del húmero entre el 1 de marzo y el 30 de junio de 2017. Los criterios de inclusión en el estudio fueron: pacientes mayores de 18 años, de la población de referencia de nuestra área sanitaria, que presentasen una fractura del extremo proximal del húmero y que aceptasen voluntariamente participar en el estudio y realizar un estudio neurofisiológico (una EMG y un electroneurograma) como prueba diagnóstica añadida al tratamiento convencional de la fractura, es decir, el tratamiento conservador o quirúrgico. La decisión de tratamiento (conservador o quirúrgico) en los pacientes incluidos en el estudio no cambió por el hecho de entrar en el estudio; recibieron el tratamiento habitual que realizamos durante la asistencia clínica. El estudio neurofisiológico se programó a los 20 días de la fractura aproximadamente, pues se considera que es el momento óptimo para encontrar -de manera precoz- una lesión de este nervio con esta prueba. Esto se hizo así en los casos que recibieron tratamiento conservador con inmovilización con cabestrillo. El estudio neurofisiológico que se realizó fue tanto una EMG

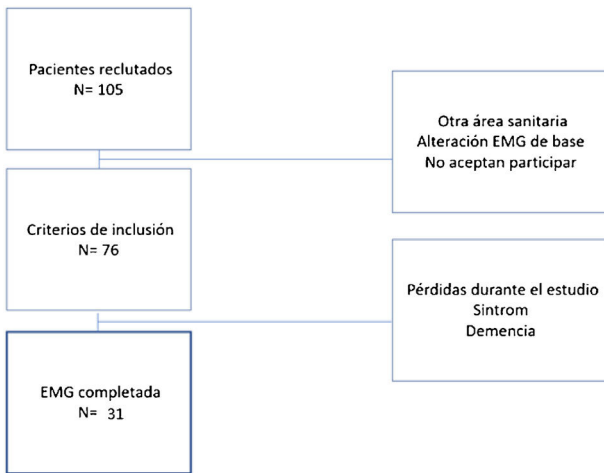


Figura 1 Inclusión de pacientes en el estudio.

como un electroneurograma. Se hizo comparación con el brazo contralateral como control. Además, en los casos en los que se apreció lesión del nervio axilar, se repitió la EMG y el electroneurograma al mes, como control. La neurofisióloga que participó en el estudio es una profesional con amplia experiencia. Los criterios de exclusión fueron: enfermedades que pueden afectar el registro EMG de base (diabetes mellitus [DM], polineuropatía, miopatía, enfermedad de la motoneurona, hipotiroidismo o hipertiroidismo), tratamientos anticoagulantes como el acenocumarol o la warfarina, o demencia avanzada y otras enfermedades que puedan dificultar la colaboración del paciente durante el estudio neurofisiológico. Tampoco se incluyeron pacientes que presentasen fracturas patológicas ni aquellos que fueron atendidos en Urgencias de nuestro Hospital, pero tuvieron el seguimiento en otro centro. Por último, no se incluyó ningún paciente que hubiese sido operado previamente de ese hombro (fig. 1).

Se realizó una revisión de las radiografías simples de cada paciente. En los casos en los que se optó por un manejo quirúrgico o aquellos en los que la radiografía simple planteaba dudas sobre la indicación terapéutica sí que se realizó una tomografía axial computarizada (TAC) para completar el estudio.

En los casos que precisaron cirugía, que también se incluyeron en el estudio, se realizó un estudio neurofisiológico el día antes de la cirugía, que suele ser a los seis a 15 días de la caída, y otro estudio neurofisiológico de control posteriormente (a los 21 días de la cirugía). Tras comentar con los médicos del Servicio de Neurofisiología, se llegó a la conclusión de que era la mejor manera de proceder en estos casos, pues nos parece muy interesante incluir también los casos quirúrgicos a este estudio.

En la valoración inicial, las fracturas se clasificaron según la clasificación de la AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, Asociación de Grupo de Trabajo para el Estudio de la Fijación Interna de las Fracturas) en tipo AO11A, unifocal extraarticular; AO11B, bifocal extraarticular y AO11C, articular (fig. 2), y se subclasificaron según los grupos de esta clasificación (tabla 1).

Las lesiones nerviosas del nervio axilar se clasificaron según la clasificación de Seddon¹² en tres grupos:

normal o leve axonotmesis, neuropatía axilar sin denervación muscular y neuropatía axilar con denervación muscular. Se compararon los grupos según la afectación del nervio y el tipo de fractura.

Hemos analizado si hay patrones de fractura que puedan predecir el daño nervioso y su pronóstico. Se comparó la relación entre fracturas complejas (AO11B y C) y más simples (AO11A) y el daño nervioso que presentaban en el estudio neurofisiológico. Además, se comparó el daño nervioso en aquellas fracturas metafisarias (AO11A3 y AO11B1-3), por la íntima relación anatómica del nervio con esta localización. El estudio estadístico se realizó utilizando la χ^2 de Pearson en el programa SPSS. Las variables cualitativas valoradas fueron, por una parte, el tipo de fractura según la clasificación de la AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, Asociación de Grupo de Trabajo para el Estudio de la Fijación Interna de las Fracturas); por otra parte, se valoró el grado de lesión del nervio axilar (tabla 2). Las comparaciones según el tipo de fractura y el grado de lesión se realizaron en tablas 2x2. En caso de no haber al menos cinco casos en alguna de las casillas, se realizó un test exacto de Fisher.

Resultados

De 105 pacientes consecutivos con diagnóstico de fractura de húmero proximal, se realizó un estudio neurofisiológico a 31 pacientes que cumplían los criterios de inclusión y aceptaron participar en el estudio. En esta muestra aparecen 86% de mujeres (27 pacientes) y 14% de hombres (cuatro pacientes). La media de edad fue de 71,8 años (30-96 años); 55% de las fracturas fueron del lado derecho, 42% del lado izquierdo y 3% bilaterales.

De los pacientes que recibieron tratamiento quirúrgico y se les realizó el estudio neurofisiológico el día antes de la cirugía y uno de control posteriormente, no se vieron cambios en los resultados de las dos EMG en ninguno de los casos.

Con relación a la afectación neurológica, 58% de los pacientes de la muestra (18 casos) presentaba una EMG normal o leve axonotmesis. Siete casos, 23%, tuvo una neuropatía axilar sin denervación muscular, y de ellos, más de la mitad (cuatro casos) presentaban fracturas metafisarias del húmero proximal, sin ser esta comparación estadísticamente significativa ($p > 0,05$). De los pacientes, 19% (seis casos) con fractura de húmero proximal presentó lesiones con denervación del nervio axilar en el estudio neurofisiológico. De ellos, 86% (cinco casos) presentaba una fractura compleja del extremo proximal del húmero, es decir, una fractura AO11B o AO11C.

Los pacientes que sufrieron fracturas complejas de húmero proximal (AO11B y AO11C) tuvieron más riesgo de presentar lesiones tipo neuropatía axilar con denervación muscular en el estudio neurofisiológico, siendo esta relación estadísticamente significativa ($p < 0,001$).

Por tanto, la frecuencia de lesión del nervio axilar según el diagnóstico EMG en esta muestra fue de 42%.

En cuanto al tipo de fractura, 48%¹³ de las fracturas eran del tipo AO11A, 26%⁸ del tipo AO11B y 26%⁸ del tipo AO11C (tabla 2).

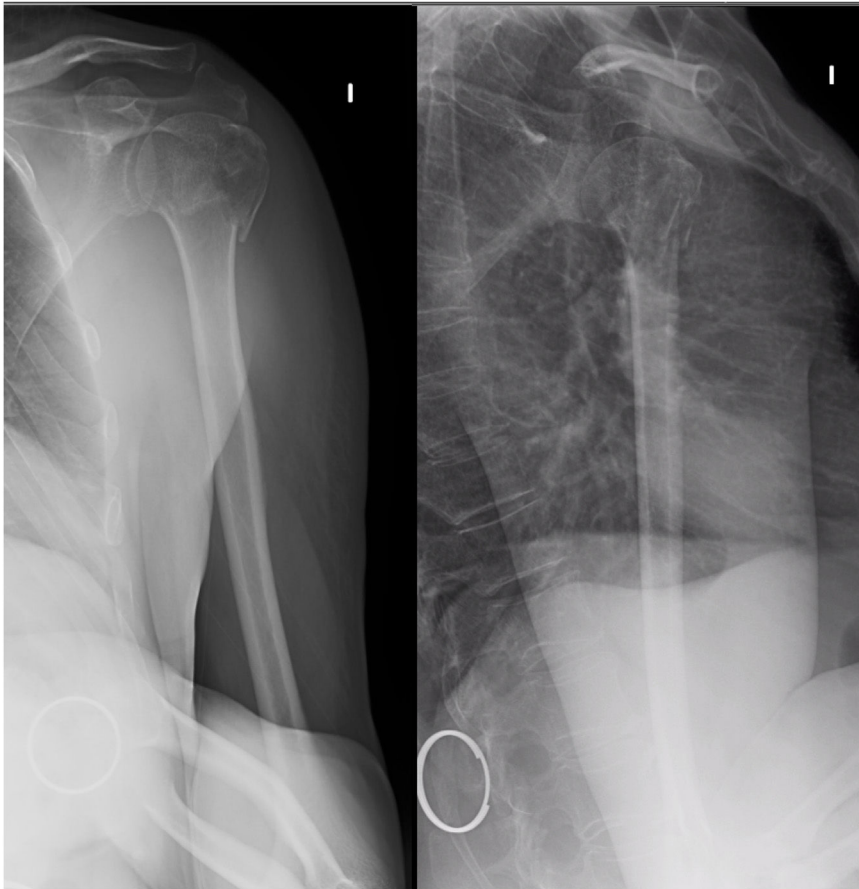


Figura 2 Radiografía de fractura del extremo proximal del húmero bifocal sin impactación metafisaria (AO11B2).

Tabla 1 Clasificación AO de las fracturas de húmero proximal

Fracturas de húmero proximal			
Fractura unifocal extraarticular	11A1 Tuberosidad	11A2 Metafisaria impactada	11A3 Metafisaria no impactada
Fractura bifocal extraarticular	11B1 Con impactación metafisaria	11B2 Sin impactación metafisaria	11B3 Con luxación glenohumeral
Fractura articular	11C1 Con ligero desplazamiento	11C2 Impactada con marcado desplazamiento	11C3 Luxada

AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, Asociación de Grupo de Trabajo para el Estudio de la Fijación Interna de las Fracturas.

Tabla 2 Resultados de la EMG en los pacientes del estudio

	Lesión nerviosa diagnosticada en EMG.		
	Normal o leve axonotmesis	Neuropatía axilar sin denervación	Neuropatía con denervación muscular
AO11A	32% (10)	14% (4)	3% (1)
AO11B	13% (4)	6% (2)	6% (2)
AO11C	13% (4)	3% (1)	10% (3)
Total	58% (18)	23% (7)	19%(6)

EMG: electromiografía.

Discusión

La lesión del nervio circunflejo está íntimamente relacionada con las fracturas del extremo proximal del húmero^{14–17}. Aparece un patrón que se repite en los estudios neurofisiológicos donde se ve neuropatía del nervio axilar sin evidenciarse denervación muscular y esta afectación se aprecia sobre todo en las fracturas desplazadas con un trazo metafisario. Esta relación no es estadísticamente significativa, aunque podría valorarse de nuevo en series más amplias con más pacientes. Por otra parte, parece que las fracturas no desplazadas no tienen riesgo de lesionar el nervio. Según esta serie, podemos decir que el aumento del riesgo de lesión nerviosa con denervación muscular se ve en aquellas fracturas complejas tipo AO11B y AO11C ($p < 0,001$). Esto puede ser un índice de probabilidad de riesgo de lesión del nervio axilar, tan importante en la recuperación del hombro. De tal modo que, conociendo los patrones que aparecen en este estudio, podríamos pautar un tratamiento específico rehabilitador sin necesidad de estudios neurofisiológicos para este grupo de pacientes.

Según los resultados del estudio, 19%⁶ de los pacientes con fractura de húmero proximal presentó lesiones con denervación del nervio axilar en el estudio neurofisiológico. De ellos, 86% presentaba una fractura compleja del extremo proximal del húmero, es decir, AO11B o AO11C ($p < 0,001$).

Tras hacer el estudio estadístico de los datos, podría afirmarse que los pacientes que sufren fracturas complejas de húmero proximal (AO11B y AO11C) presentan un mayor riesgo de lesiones tipo neuropatía axilar con denervación muscular en EMG ($p < 0,001$).

Como limitaciones del estudio, debemos señalar: 1) la ausencia de TAC preoperatorio en todos los pacientes para clasificar la fractura, no obstante, las más complejas en las que la clasificación podría plantear dudas contaban con él. 2) La limitación del número de pacientes incluidos. 3) Las diferencias temporales en el estudio EMG realizado entre los pacientes intervenidos y no intervenidos. 4) La interpretación de los resultados del estudio EMG que es muy dependiente de la experiencia de la persona que lo realiza.

Este estudio pretende avanzar en el manejo y la comprensión de las fracturas del húmero proximal. Hay pocos estudios que valoren la lesión del nervio axilar con estudios neurofisiológicos en fracturas de húmero proximal^{4–8}, con este estudio hemos podido observar que la lesión concomitante del nervio axilar es frecuente, aunque la mayoría de los casos de buen pronóstico, pues son lesiones que en muchos casos se resuelven espontáneamente. En el artículo de Willis et al.⁴ se habla de un caso de fractura compleja del extremo proximal del húmero con lesión asociada de nervio axilar que precisó cirugía de trasposición con el nervio radial en un anciano. Sin embargo, Entezari et al.⁵ publica una serie con 376 fracturas diafisarias de húmero, de las cuales 96 pacientes presentaron lesión del algún nervio; como predictores de lesiones nerviosas en fracturas diafisarias de húmero, describe: fractura abierta, lesión vascular asociada, traumatismo de alta energía, y afectación de tercio medio o distal en comparación con el tercio proximal del húmero. Por último, en el artículo de Jeon et al.⁶ se publica una serie de 26 pacientes operados de osteosíntesis con placa por vía deltopectoral por fractura del extremo proximal del húmero o diafisaria a quienes se les realiza una

EMG a las tres a cuatro semanas de la cirugía. A pesar de que la serie de Jeon et al.⁶ presenta patologías variadas, tanto fracturas de húmero proximal como diafisarias de tercio distal, medio y proximal de húmero; 31% de los pacientes presentaron una neuropatía del nervio axilar sin denervación. Este resultado se asemeja a los que presentamos en esta serie, pues 23% de los pacientes presentó neuropatía del nervio axilar sin denervación.

El diagnóstico de estas lesiones en la consulta es complejo, debido al dolor y es difícil valorar la fuerza motora del deltoides en una fractura de húmero proximal reciente. Por eso debemos sospechar la posible afectación neurológica asociada en las fracturas complejas de húmero proximal (tipos AO11B y AO11C). Esto podría suponer una mejora en el manejo terapéutico del paciente.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia III.

Financiación

La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado

Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Aprobación del comité de ética

El estudio contó con la aprobación del Comité de Ética de Medicamentos del Principado de Asturias; CEImPA: 2023.026.

Bibliografía

1. Klug A, Wincheringer D, Harth J, Schmidt-Horlohé K, Hoffmann R, Gramlich Y. Complications after surgical treatment of proximal humerus fractures in the elderly-an analysis of complication patterns and risk factors for reverse shoulder arthroplasty and angular-stable plating. *J Shoulder Elbow Surg.* 2019 Sep;28:1674–84.
2. Falez F, Papalia M, Carbone S, Teti A, Favetti F, Panegrossi G, et al. Low complication rates in Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (MIPO) for proximal humeral fractures at 5 years of follow-up. *Injury.* 2019 Jul;50 Suppl 2:S34–9.
3. DeBottis D, Anavian J, Green A. Surgical management of isolated greater tuberosity fractures of the proximal humerus. *Orthop Clin North Am.* 2014 Apr;45:207–18.
4. Willis CB, Ahmadi S. Radial-to-Axillary Nerve Transfer Resolves Symptoms of Axillary Nerve Injury Due to Proximal Humerus Fracture-Dislocation in an Elderly Patient Treated With Hemiarthroplasty. *Orthopedics.* 2019 Jul 1;42:e395–8.

5. Entezari V, Olson JJ, Vallier HA. Predictors of traumatic nerve injury and nerve recovery following humeral shaft fracture. *J Shoulder Elbow Surg.* 2021 Dec;30:2711–9.
6. Jeon N, Park S, Bae KH, Park KC, Hwang Bo BH, Lim TK. The use of medial support screw was associated with axillary nerve injury after plate fixation of proximal humeral fracture using minimal invasive deltoid-splitting approach. *J Orthop Sci.* 2021 Dec 2.
7. Wilkinson EB, Williams JF, Paul KD, He JK, Hutto JR, Narducci CA, et al. MRI evaluation of axillary neurovascular bundle: Implications for minimally invasive proximal humerus fracture fixation. *JSES Int.* 2021 Mar;5:205–11.
8. Contreras JJ, Meissner A, Valenzuela A, Liendo R, de Marinis R, Calvo C, et al. Establishing safe zones to avoid nerve injury in the posterior minimally invasive plate osteosynthesis for humerus fractures: a magnetic resonance imaging study. *JSES Int.* 2022 Nov;6:1015–22.
9. Visser CP, Coene LN, Brand R, Tavy DL. Nerve lesions in proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* 2001;10:421–7.
10. Hems TEJ, Mahmood F. Injuries of the terminal branches of the infraclavicular brachial plexus: patterns of injury, management and outcome. *J Bone Joint Surg Br.* 2012 Jun;94:799–804.
11. Warrender WJ, Oppenheimer S, Abboud JA. Nerve monitoring during proximal humeral fracture fixation: what have we learned? *Clin Orthop Relat Res.* 2011 Sep;469:2631–7.
12. Yi S, Zhang Y, Gu X, Huang L, Zhang K, Qian T, et al. Application of stem cells in peripheral nerve regeneration. *Burns Trauma.* 2020;8:tkaa002.
13. Tanagho A, Elgamal T, Ansara S. Anterior interosseous nerve palsy as a complication of proximal humerus fracture. *Orthopedics.* 2013 Oct 1;36:e1330–2.
14. Westphal T, Woischnik S, Adolf D, Feistner H, Piatek S. Axillary nerve lesions after open reduction and internal fixation of proximal humeral fractures through an extended lateral deltoid-split approach: electrophysiological findings. *J Shoulder Elbow Surg.* 2017 Mar;26:464–71.
15. Lin CY, Chen SJ, Yu CT, Chang IL. Simultaneous bilateral anterior fracture dislocation of the shoulder with neurovascular injury: report of a case. *Int Surg.* 2007;92:89–92.
16. Ilaslan H, Bilenler A, Schils J, Ricchetti ET, Sundaram M. Pseudoparalysis of shoulder caused by glenohumeral interposition of rotator cuff tendon stumps: a rare complication of posterior shoulder dislocation. *Skeletal Radiol.* 2013 Jan;42:135–9.
17. Pena L, Pena J, López-Anglada E, Braña AF. Instability after reverse total shoulder arthroplasty: risk factors and how to avoid them. *Acta Orthop Belg.* 2022 Jun;88:372–9.