

한수홍, 조진우, 류한승

차의과학대학교 분당차병원 정형외과

### Treatment of Radial Nerve Palsy Associated with Humeral Shaft Fracture

Soo-Hong Han, Jin-Woo Cho, Han-Seung Ryu

Department of Orthopedic Surgery, CHA Bundang Medical Center, CHA University, Seongnam, Korea

Radial nerve palsy associated with humeral shaft fracture is divided into primary paralysis immediately after injury and secondary paralysis after reduction or surgery. There are conflicting opinions about the timing and necessity of early neuro-exploration for patient with primary paralysis. The main cause of radial nerve injury is nerve contusion and it has high natural recovery rate without any treatment on nerves. However, if the nerve is damaged, early neuro-exploration is needed to increase the possibility of full recovery, prevent secondary nerve damage by the bone or scar tissue and predict prognosis. Through this, there is an advantage to plan future treatment. Based on the study of these patients, when internal fixation is indicated, early surgical exploration of the radial nerve should be considered to minimize poor prognosis and conflict with the patient.

**Key Words:** Humeral shaft fracture, Radial nerve palsy

### 서론

요골신경마비는 골절과 관련된 흔한 신경손상 중 하나이며, 상완골 간부 골절에서 2%-17%까지 발생한다고 알려져 있고, 부분적 마비를 보이는 경우도 있지만 50%에서는 완전 마비의 증상을 보인다고 알려져 있다[1-5]. 대부분 수상 당시 골절과 동반되어 발생하나, 관혈적 정복술 후 혹은 도수 정복 후에 합병되기도 하여 상완골 골절의 치료 과정에서 요골신경에 대한 처치는 각별히 주의를 요하게 된다. 상완골 골절과 동반된 요골신경마비를 크게 수상 직후 발생한 1차 마비와 골절 정복이나 수술 후 발생한 2차 마비로 나눌 수 있는데 1차 마비의 경우 Shao 등[5]과 Ekholm 등[6]의 보고에 따르면 약 10% 내외에서 발생한다 하였고, 2차 마비는 Park 등[7]이 약 5% 정도에서 발생하는 것으로 보고하였다. 이들의 연구에 따르면 마비 후 1차 마비와 2차 마비 모두 90%에 가까운 회복을 보인다고 하였다. 이와 관련해서 더 구체적으로 많은 연구에서 신경 증상발현에 관여하는 인자들과 이에 대한 치료 및 예후에 대해 다양하게 보고되고 있으나 아직까지 그 연관성이 명확히 정립되어 있지 않다. 외상에 의한 상완골 간부 골절 후 발현된 요골신경마비의 치료에 있어서 개방성 골절이나 혈관손상이 동반된 골절, 도수 정복 후 증상이 발생한 경우 등에 대해서는 내고정술과 함께 신경탐색술을 추천하지만 폐쇄성 골절과 동반된 경우에는, 신경에 대한 조기 탐색술이 필요하다는 주장과 일정 기간 경과 관찰 후에 증상 지속 시 추가수술을 고려해야



### Review Article

pISSN 2586-3290 · eISSN 2586-3533  
Arch Hand Microsurg 2020;25(1):60-66  
<https://doi.org/10.12790/ahm.19.0071>

**Received:** December 18, 2019

**Revised:** January 25, 2020

**Accepted:** February 13, 2020

#### Corresponding author:

Soo-Hong Han

Department of Orthopedic Surgery, CHA Bundang Medical Center, 59 Yatap-ro, Bundang-gu, Seongnam 13497, Korea

Tel: +82-31-780-5270

Fax: +82-31-708-3578

E-mail: [hsoohong@cha.ac.kr](mailto:hsoohong@cha.ac.kr)

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-8951-650X>

© 2020 by Korean Society for Surgery of the Hand, Korean Society for Microsurgery, and Korean Society for Surgery of the Peripheral Nerve.

© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

한다는 이견이 있어 현재까지 명확한 해답이 제시되고 있지 않다.

이에 저자는 상완골 간부 골절에 동반된 요골신경마비 중 특히 1차 마비에 대해서 정립되지 않은 부분을 보완하고 동일 손상에 대한 치료 방향 결정에 도움이 되고자 여러 가지 이견들을 포함한 보고 문헌과 저자들의 분석 내용을 정리하여 최근 치료 경향에 대해 알아 보고자 한다.

## 해부학적 특징 및 빈도

상완골 간부 골절에서 요골신경마비가 잘 동반되는 이유로 그 해부적 특징이 관련되는데 상완에서 요골신경의 경로에 대한 연구도 많이 시행되어 측정치의 범위가 넓은 편이긴 하지만 Gerwin 등[8]은 내상과(medial epicondyle)에서 평균 20.7 cm, 외상과(lateral epicondyle)에서 14.2 cm 근위부에 신경이 위치한다 하였고, Guse와 Ostrum [9]은 견봉(acromion)의 후연(posterior edge)에서 원위부로 평균 12.4 cm에서 후방으로 가로지른다 하였다.

요골신경은 상완골 근위부에서 상완골 후면의 요골구(radial groove)에 위치하게 되며, 그 후면을 지나 원위부로 내려가면서 외측 근간막(lateral intermuscular septum)을 통과한다. 이어 원위부 전방 구획으로 들어가 상완요골근과 상완근 사이에 위치하면서 주관절을 가로지르게 되는데, 앞서 언급한 바와 같이 상완골 원위 외상과(lateral epicondyle)에서 상방으로 10-14 cm 사이에서 요골신경이 요골신경구를 따라서 상완골을 가로지른다. 이러한 해부적 특징 때문에 요골신경마비의 발생 빈도가 골절의 위치, 분류 및 양상에 따라 다르게 나타날 수 있고, 신경이 가로지르는 부근에 골절선이나 골절편이 있는 경우 요골신경마비 가능성이 더 높을 수 있다는 이론적 근거가 유추되기도 한다. 이렇게 요골신경과 상완골의 접촉거리, 골절 후 원위부의 전위 정도, 수상 기전 등 여러 관여 인자를 분석 보고하고 있지만 아직까지도 그 빈도에 대해서는 저자마다 의견이 다양하다. Bostman 등[10]은 중간부 1/3과 원위부 1/3 골절에서 비슷한 요골신경마비의 발생률을 보고하였고, Garcia와 Maeck [11], Kettelkamp와 Alexander [12]는 중간부 1/3에서 더 많은 69.7%, 67.7%의 발생률을, Pollock 등 [4]은 원위부 1/3 골절에서 더 높은 빈도로 58.3%의 요골신경마비를 보고하였다. 국내보고에서는 Lee 등[13]의 연구에서 원 위부 1/3 골절에서 64.7%로 가장 높은 빈도를 보였으며, 골절의 위치가 낮아질수록 요골신경손상의 빈도가 높아지는 것으로 보고하였고 Han 등[14]의 연구에서는 원위부에서의 발생이 53%로 현재까지도 위치에 따른 발병 빈도는 저자마다 일정치 않음을 알 수 있다.

골절 양상에 따른 요골신경마비의 빈도는 Klenerman [15]의 연구에서는 횡골절, Shaw와 Sakellarides [16]의 연구에서는 사상 혹은 나선상 골절에서 가장 많이 발생한다고 하였으나, Shao 등[5]이 보고한 체계적 고찰에서는 횡 및 나선상 골절에서 사상 혹은 분쇄골절보다 높은 비율로 발생한다고 하였다. 그러나 Lee 등 [13]의 분석에서는 분쇄골절에서 41.2%로 요골신경손상 빈도가 가장 높았고 본 저자들의 연구에서는 횡골절에서 40%, 나비형 골절에서 27%의 순으로 발생하여 골절 양상 역시 요골신경 동

반 손상과 일관된 빈도를 보고하고 있지 않다. Park과 Ryu [17]는 상완골 간부 골절로 수술적 치료를 받은 환자에 있어 수술 후 요골신경마비가 발생한 환자의 여러 가지 요인에 대해 분석 보고하였는데 불유합이나 재수술 등에서 높은 빈도를 보였고 이는 요골신경이 주변의 조직과 유착되어 수술 시 견인에 의해 요골신경이 손상될 확률이 높았기 때문이라 하였다.

## 치료

상완골 간부 골절에서 요골신경마비가 있을 때 일반적인 신경탐색술의 적응증으로는 개방성 골절, 총상을 포함한 고속 관통상, 혈관손상 동반, 도수 정복 후의 마비 등이다. 하지만 이 외의 상완골 간부 골절에서 요골신경마비 증상이 있을 때 신경탐색술의 시기 및 시행 유무에 대해서 아직까지 대립되는 의견들이 있다. 신경에 대한 특별한 조치가 없더라도 60%-92%의 회복을 보이므로 경과 관찰을 우선해야 한다는 주장과 함께 조기 신경탐색술에 부정적인 의견을 가진 저자들은 요골신경손상은 주요 원인이 신경 타박이고, 자연 회복률이 높아 신경탐색술로 인한 합병증, 그리고 골절이 치유된 이후가 신경 다루기가 더 용이하다는 점 등을 고려해서 시간에 따른 증상 변화에 맞춰 치료 방향을 결정하길 권유하고 있다. Shao 등[5]의 435명의 요골신경마비 환자를 대상으로 한 체계적 고찰에서도 315명(72%)에서 자연적으로 회복(spontaneous recovery)되었다고 보고하였다. 하지만 여기서 자연 회복이 안 된 나머지 28%에서는 다른 조치가 필요하기 때문에 결코 간과하기 어려운 높은 빈도라는 것이 저자의 생각이다. 경과 관찰을 시행할 경우 그 기간은 하루 1 mm의 재생속도를 감안해서 4-6개월이 적절하다고 하고 수상 후 2-3개월에 변화를 보이지 않는다면 신경근전도(electroneuromyography)검사를 추천하기도 한다. 티넬징후(Tinel sign)의 위치변화 확인도 재생평가에 도움이 될 수 있으며 신경 호전에 있어서는 상완요근(brachioradialis)과 요측수근신건(radial wrist extensor)에서 가장 먼저 변화를 보이는데 일반적으로 3-4개월 내에 근력회복 양상을 보이고, 일반적으로 7개월 이내에 증상 변화가 없으면 호전을 기대하기 어렵다.

최근 Bodner 등[18]과 Yoon 등[19]은 초음파를 이용한 요골신경손상의 초기 확인으로 조기 탐색술을 시행하지 않으면 경과 관찰을 할 지 결정하는 데 많은 정보를 얻을 수 있음을 보고하였다. Shao 등[5]이 발표한 상완골 골절 후 요골신경마비의 치료알고리즘에서도 요골신경마비가 있을 때, 개방성인 경우에는 직접 신경을 확인하지만, 폐쇄성일 때는 3주내로 초음파검사를 시행하여 신경의 연속성이 유지되고 있는지 또는 파열이 있는지, 신경이 포착되었는지를 확인하여 적절한 치료 방향을 결정하는 것이 좋다고 하였다. 금속판 내 고정술 후의 자기공명영상검사(MRI)는 금속판 간섭으로 인하여 진단이 어렵고, 또한 근전도검사의 경우에도 신경손상 후 Wallerian 변성 시기인 2주 이내에는 시행할 수 없으며 손상 부위를 정확히 알 수 없다는 단점이 있어 최근 말초신경의 병변을 판단하는데 초음파가 유용한 진단도구로 널리 이용되고 있다.

조기 신경탐색술을 권유하는 저자들은 조기에 시행하면 비교적

쉽고 안전하게 접근이 가능하고, 골절 부위를 고정함으로써 가골이나 반흔 조직으로부터 생기는 이차적인 신경손상을 방지할 수 있으며, 신경손상이 명확하게 파악되기 때문에 향후 치료계획이 더 구체적일 수 있고 예후 예측이 용이하다는 점 등을 장점으로 주장한다[5,7,20]. 게다가 지연 후 신경탐색술을 시행한 연구에서 6%-25%의 신경이 감입(entrapment)되어 있었고, 20%-40%에서는 열상이 존재해서 단순히 경과 관찰만 하기에는 심한 손상의 빈도가 높다 하였다[7,20]. Park 등[7]이 상완골 간부 골절과 동반된 요골신경마비의 기여 요인을 분석한 보고에서도 신경탐색이 유일하게 수술 후 요골신경마비의 발생을 감소시키는 통계적으로 유의한 요소로 마비를 동반하지 않은 폐쇄성 상완골 간부 골절에 대해 수술을 시행하는 경우에서도 요골신경에 대한 탐색을 하지 않을 이유는 없다고 주장하였다. Pollock 등[4]의 분석에서 지연 탐색술을 시행한 20%-42%에서 신경 열상이 있었는데 지연된 신경 봉합으로 인해 임상적으로 불량한 결과를 보고하였듯이 신경이 손상되었을 경우 시간이 경과될수록 정상적 회복 가능성이 낮아질 수 있음을 주지해야 하겠다. 특히 실질적인 신경손상이 있는 경우 직접적 치료 없이 경과 관찰만 시행할 경우에는 지배근의 위축과

운동중판(motor endplate)의 소실 등이 우려되므로 장기간 관찰은 상당한 주의를 요한다.

여러 연구들에서의 수상 후 요골신경마비의 회복은 40.0%-88.1%로 그 범위가 넓고 다양하게 보고되고 있는데, Ring 등[21]은 고에너지 손상의 상완골 간부 골절에 요골신경마비가 동반된 24예 중 6예(25.0%)에서 요골신경의 완전 단열을 보고하였고, Noaman 등[20]도 36예 중 8예(22.2%)에서 완전 단열을 보여 조기 신경탐색술의 중요성을 강조하였다. 저자들도 요골신경마비가 동반된 모든 예에서 골절에 대한 내고정술과 함께 동시에 신경탐색술을 시행하였으며, 수술 전 증상을 보였던 15예 중 4예에서 요골신경의 완전 단열이 확인되었다(Figs. 1, 2).

저자들의 경험을 분석한 결과 상완골 간부와 요골신경 동시 손상을 일으키는 원인으로 교통사고가 54%로 가장 빈도가 높았고, 요골신경 단열을 보인 4예 모두 같은 수상 기전으로 강력한 외력에 의한 고에너지손상이 깊은 관계가 있음을 알 수 있었다[14]. 그러므로 고에너지 수상 기전과 함께 연부조직손상이 동반되어 있으면서 요골신경마비가 있는 경우는 신경 단열의 가능성을 염두에 두어야 할 것으로 생각된다. 특히 강한 충격에 의한 수상 시 신경 자



**Fig. 1.** A 26-year-old male patient with unstable fracture of humeral shaft and radial nerve palsy. (A) Preoperative radiograph. (B) Intraoperative inspection of the radial nerve shows complete transection. (C) Direct repair of radial nerve. (D) Postoperative radiograph, demonstrating union of the fracture. (E) Recovery of wrist and finger extension during the follow-up, postoperatively 6 months. The photo was taken 11 years after surgery.

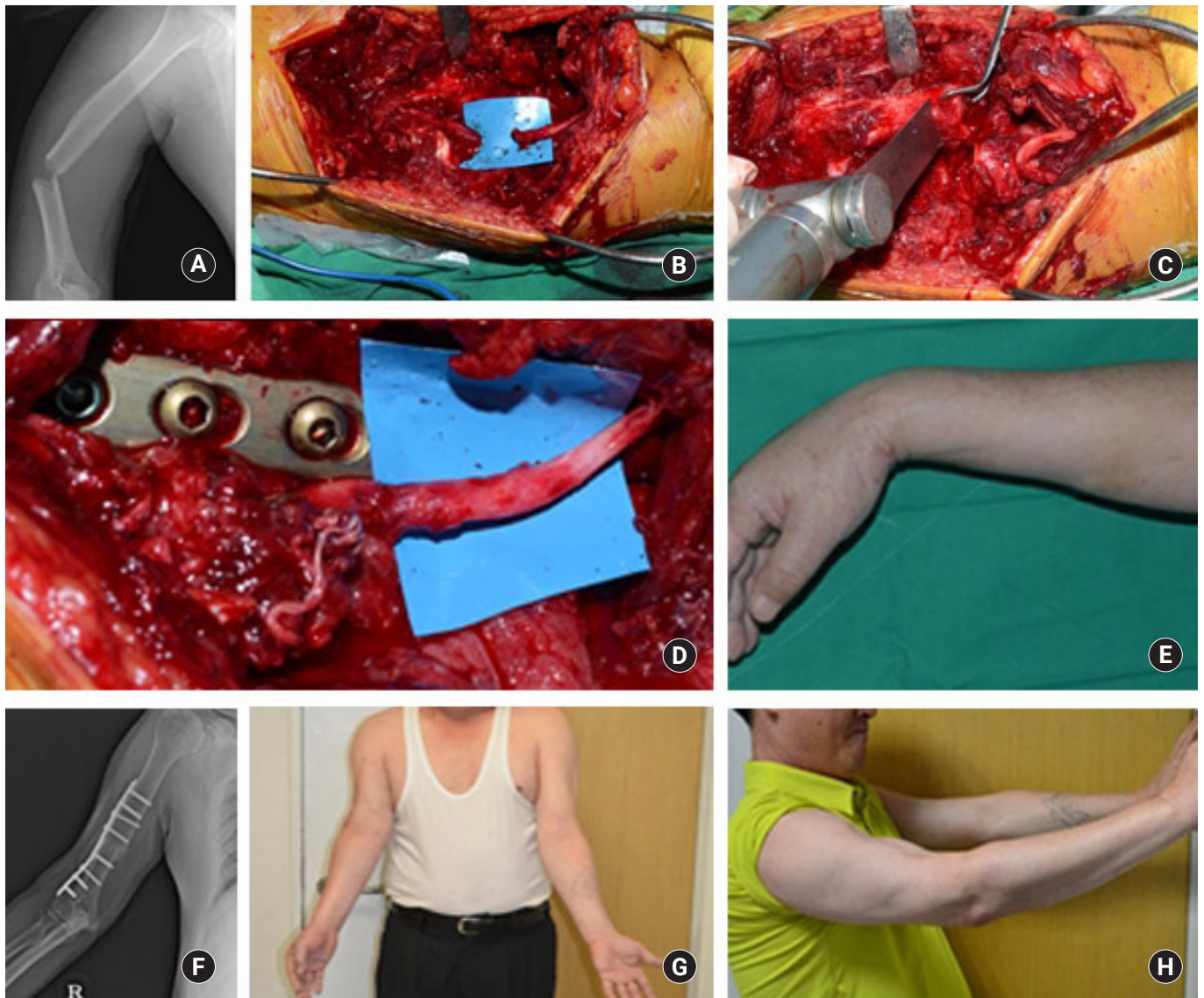
체의 손상 정도가 심하거나 넓은 범위일 수 있기 때문에 단순한 일차 신경봉합이 어려울 수가 있어 경우에 따라서는 골절에 대한 내고정 먼저 시행 후 추후 이차적으로 신경이식술 등의 재건술이 요구되기도 한다.

저자들의 대상 환자 연구에서는 신경탐색술 시 신경이 연속성이 유지된 예에서는 전 예에서 정상적 회복을 보여주었는데 평균 5개월의 기간이 소요되었고, 초기 탐색술의 단점으로 보고되고 있는 신경탐색술 후 합병증은 발생되지 않았다(Fig. 3). 또한 초기 탐색술을 시행하면 손상 양상이 명확히 확인되어 예후가 예측되며 만일 신경 단열과 같이 손상이 심한 경우 신경봉합술을 동시에 시행

할 수 있고 신경이식과 같은 2차적 추가수술이 필요한 경우에도 치료계획을 세우는데 용이하다 할 수 있겠다.

저자들은 출판을 위해 대상 환자로부터 서면동의를 받았다.

지연 탐색술을 시행한 경우 6%-20%에서 신경 감입, 20%-40%에서 신경 열상 등 적지 않은 빈도의 심한 신경손상에 대해 보고하기도 하였고, 시간이 경과될수록 주위 반흔이나 유착에 의해 신경에 대한 수술이 어려워지므로 그런 경우 지연된 치료보다는 조기 탐색술을 통한 신경수술이 기능회복에 더 우수한 결과를 보일 수 있다는 점도 고려해야 하겠다. 이러한 여러 가지 장단점을 고려한 저자들의 의견으로는 폐쇄성 상완골 골절에서 요골신경마비가 동



**Fig. 2.** A 48-year-old male patient with transverse fracture of mid-distal humeral shaft and radial nerve palsy after pedestrian injury. (A) Preoperative radiograph. (B) Intraoperative inspection of the radial nerve shows complete transection. (C) Shortening of the humerus shaft for approximating injured nerve ends. (D) Direct repair of radial nerve. (E) Immediate postoperative wrist extension and finger extension of metacarpophalangeal joint showing motor grade 0. (F) Postoperative radiograph, demonstrating union of the humerus shaft. (G) Gross appearance of shortened right upper arm. (H) Recovery of wrist and finger extension 16 months after surgery.



**Fig. 3.** A 22-year-old male patient with fracture of humeral shaft and radial nerve palsy. (A) Intraoperative inspection of the radial nerve shows intact continuity. (B) No change of active motion after surgery. (C) Recovery of wrist and finger extension, postoperatively 6 months. The photo was taken 18 months after surgery.

반되었을 경우, 골절에 대해 내고정의 적응증이 된다면 연속성의 확인을 위해 요골신경의 조기 탐색도 필요할 것으로 판단된다.

## 결론

손상 기전, 골절의 양상이나 위치 등 여러 가지 요인이 관여되므로 일관된 치료보다는 상태에 따른 개별적인 접근을 원칙으로 해야 하겠지만, 요골신경 열상이나 파열 등의 손상이 동반되는 경우

도 아주 드물다고 볼 수 없기 때문에, 불안정성 상완골 간부 골절에서 완전 요골신경마비의 증상이 있는 경우 골절에 대해 내고정술 시행 시 신경손상 상태에 대한 조기의 정확한 판단 및 그에 대한 처치, 지연된 치료로 발생할 수 있는 불량한 결과 및 이에 따른 환자의 불만, 법적 갈등 등을 최소화하기 위해 요골신경의 조기 탐색을 가급적 고려해야 할 것으로 사료되는 바이다.

## Conflicts of Interest

The authors have nothing to disclose.

## References

1. DeFranco MJ, Lawton JN. Radial nerve injuries associated with humeral fractures. *J Hand Surg Am.* 2006;31:655-63.
2. Lowe JB 3rd, Sen SK, Mackinnon SE. Current approach to radial nerve paralysis. *Plast Reconstr Surg.* 2002;110:1099-113.
3. Niver GE, Ilyas AM. Management of radial nerve palsy following fractures of the humerus. *Orthop Clin North Am.* 2013;44:419-24.
4. Pollock FH, Drake D, Bovill EG, Day L, Trafton PG. Treatment of radial neuropathy associated with fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63:239-43.
5. Shao YC, Harwood P, Grotz MR, Limb D, Giannoudis PV. Radial nerve palsy associated with fractures of the shaft of the humerus: a systematic review. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87:1647-52.
6. Ekholm R, Ponzer S, Tornkvist H, Adami J, Tidermark J. Primary radial nerve palsy in patients with acute humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma.* 2008;22:408-14.
7. Park TS, Lee JH, Kim TS, Lee KH, Park KC. Contributing factors of radial nerve palsy associated with humeral shaft fracture. *J Korean Fract Soc.* 2008;21:292-6.
8. Gerwin M, Hotchkiss RN, Weiland AJ. Alternative operative exposures of the posterior aspect of the humeral diaphysis with reference to the radial nerve. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78:1690-5.
9. Guse TR, Ostrum RF. The surgical anatomy of the radial nerve around the humerus. *Clin Orthop Relat Res.* 1995;(320):149-53.
10. Bostman O, Bakalim G, Vainionpaa S, Wilppula E, Patiala H, Rokkanen P. Radial palsy in shaft fracture of the humerus. *Acta Orthop Scand.* 1986;57:316-9.
11. Garcia A Jr, Maeck BH. Radial nerve injuries in fractures of the shaft of the humerus. *Am J Surg.* 1960;99:625-7.
12. Kettelkamp DB, Alexander H. Clinical review of radial nerve injury. *J Trauma.* 1967;7:424-32.

13. Lee SW, Cho CH, Bae KC. Associated factors of radial nerve palsy combined with humerus shaft fracture. *J Korean Fract Soc.* 2014;27:185-90.
14. Han SH, Hong IT, Lee HJ, Lee SJ, Kim U, Kim DW. Primary exploration for radial nerve palsy associated with unstable closed humeral shaft fracture. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2017;23:405-9.
15. Klenerman L. Fractures of the shaft of the humerus. *J Bone Joint Surg Br.* 1966;48:105-11.
16. Shaw JL, Sakellarides H. Radial-nerve paralysis associated with fractures of the humerus. A review of forty-five cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1967;49:899-902.
17. Park MJ, Ryu BD. Prevention of the Radial Nerve Injury During Operation of the Humerus Shaft Fracture. *J Korean Soc Surg Hand.* 2004;9:32-35.
18. Bodner G, Huber B, Schwabegger A, Lutz M, Waldenberger P. Sonographic detection of radial nerve entrapment within a humerus fracture. *J Ultrasound Med.* 1999;18:703-6.
19. Yoon HM, Kho DH, Kim HJ, Nam KM, Kang DM. Ultrasonography in radial nerve palsy after surgery of humerus shaft fracture-case report. *J Korean Orthop Ultrasound Soc.* 2012; 5:106-12.
20. Noaman H, Khalifa AR, El-Deen MA, Shiha A. Early surgical exploration of radial nerve injury associated with fracture shaft humerus. *Microsurgery.* 2008;28:635-42.
21. Ring D, Chin K, Jupiter JB. Radial nerve palsy associated with high-energy humeral shaft fractures. *J Hand Surg Am.* 2004; 29:144-7.

## 상완골 간부 골절과 동반된 요골신경마비의 치료

한수홍, 조진우, 류한승

차의과학대학교 분당차병원 정형외과

상완골 골절에 동반된 요골신경마비를 수상 직후 발생한 1차 마비와 골절 정복이나 수술 후 발생한 2차 마비로 구분하는데 1차 마비 시에 신경탐색술의 시기 및 시행 필요성에 대해 대립되는 의견들이 있다. 요골신경손상의 주요 원인이 신경 타박이고 신경에 대한 특별한 조치없이 자연 회복률이 높아 증상 경과에 맞춰 치료방향을 결정하기 권유하는 의견들이 있다. 하지만 신경이 손상되었을 경우엔 정상회복 가능성을 높이기 위해 조기 신경탐색술 시행이 필요한데 이는 비교적 쉽고 안전하게 접근이 가능하고 골절 부위를 고정하여 가골이나 반흔 조직으로부터 생기는 이차적인 신경손상을 방지할 수 있으며 예후 예측을 통해 향후 치료계획을 세울 수 있는 장점이 있다. 대상 환자에 대한 연구들을 참고해 보았을 때 내고정술의 적응증이 된다면 신경손상에 대한 조기 판단 및 처치, 지연된 치료로 발생할 수 있는 불량한 예후 및 환자와의 갈등 등을 최소화하기 위한 요골신경의 조기 탐색을 고려해야 할 것이다.

**색인단어:** 상완골 간부 골절, 요골신경마비

**접수일** 2019년 12월 18일 **수정일** 2020년 2월 13일 **게재확정일** 2020년 2월 13일

**교신저자** 한수홍

06351, 경기도 성남시 분당구 야탑로 59, 차의과학대학교 분당차병원 정형외과

**TEL** 031-780-5270 **FAX** 031-708-3578 **E-mail** hsoohong@cha.ac.kr

**ORCID** <https://orcid.org/0000-0002-8951-650X>