

주상골 골절의 기전

서울대학교병원 정형외과학교실 · 충북대학교 의과대학 정형외과학교실*

정문상 · 김희중 · 원중희* · 이명철

= Abstract =

Mechanism of Scaphoid Fracture

Moon Sang Chung, M.D., Hee Joong Kim, M.D., Choong Hee Won, M.D*,
and Myung Chul Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea
Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Choongbuk National University,
*Choengjoo, Korea**

Elucidation of the mechanism of fracture seems to be important to prevent it and determine the position on immobilization most conducive to union. The scaphoid is more susceptible to injury than any of other carpal bones due to its position in bridging the proximal and distal rows of carpal bones and the mechanism of fracture has been a subject of considerable controversy.

Reviewing 20 cases of scaphoid nonunion, we incidentally had found that 4 patients had the history of striking a punch bag with the heads of the second and third metacarpals (Punching injury), and a review of the literatures failed to find any reports of such an injury as a mechanism of fracture.

On a scale, the wrist was subjected to progressive loading via the heads of the second and third metacarpals and lateral roentgenograms of the wrist were obtained at 0 kg, 20 kg and 35 kg and we measured the carpal angles. With progressive loading there is a volar flexion of proximal carpal row and the volar flexion of scaphoid is smaller than that of lunate.

We believed that the violent impact applied at the second and third metacarpal heads forced the scaphoid into the position of extreme dorsiflexion as compared with lunate, so compression force is exerted on the dorsal side of scaphoid and tension on volar side leading the fracture of scaphoid. We also recognized that the fracture of the scaphoid could be occurred by the compression and shearing force of capitate and the bending force of volar radiocapitate ligament.

Key Words: Mechanism, Scaphoid fracture, Punching injury.

서론

주상골은 근위수근열과 원위수근열을 요축에서 연결하는 연결봉 역할을 하고 있으므로 원위수근열의 운동에 따라 근위수근열의 위치를 결정하게 하고, 수부에 주어지는 거의 모든 힘을 조화하여 전완부에 연결하는 역할을 하여,

*본 논문은 1990년도 특진연구비의 보조로 이루어졌음.

중수근 관절 이하에서 발생하는 각종힘에 의해서 골절될 가능성이 많으며 실제 수근골중 가장 골절빈도가 높다^{1,5)}. 이러한 주상골의 골절 기전은 다양하고 잘 이해되지 못하고 있는 실정이며 대부분의 골절은 완관절의 과신전예의 한 손상으로 받아들여지고 있다.

저자들은 1985년 11월부터 1988년 1월까지 본원을 방문한 주상골 불유합환자 20례를 분석하던중 주먹을 전체 제 2·3 중수골두로 편지 백등을 가격하다가(Fig. 1) 주상골 골절이 발

생하였던 경우가 4례 있었음을 확인하고(Table 1), 실험을 통하여 이러한 손상이 주상골 골절을 일으키는 기전을 이해해 보고자 하였다.

Table 1. Mechanisms of scaphoid fracture

Mechanism	No. of Pts.	Per cents
Fall with Out-Stretched Hand	9	45
Punching Injury*	4*	20*
Crushing Injury	3	15
Direct Trauma	2	10
Unknown	2	10
Total	20	100

Fig. 1. Photograph of striking a punch bag with the heads of the second and third metacarpals (punching injury)

Fig. 2. On scale, the wrist was subjected to progressive loading via the heads of the second and third metacarpals and lateral roentgenogram of the wrist was obtained at 0 Kg, 20 Kg and 35 Kg in weight.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

주상골 골절의 빈도가 높은 젊은 성인 남자 5명을 대상으로 하였는바, 연령은 17세에서 29세로 평균 25세이었다.

2. 연구방법

주먹을 권채 제 2·3중수골두로 저울을 눌러 수부에 가해지는 하중을 저울의 눈금으로 확인 하면서, 하중이 0 kg, 20 kg, 그리고 35 kg이 될 때 각각 완관절부 중립 측면 방사선 사진을 촬영하였다(Fig. 2).

각각의 완관절 중립 측면 방사선 사진에서 유두골과 삼각골, 유두골과 월상골, 그리고 유두골과 주상골 사이의 각도를 측정하여, 제 2·3중수골두를 통해 수부에 하중이 가해짐에 따라 유두골에 대해 삼각골, 월상골 및 주상골 각각에 일어나는 위치변화를 알아보았으며(Fig. 3.), 삼각골과 주상골, 그리고 주상골과 월상골간의 각도변화를 측정하여 하중이 가해짐에 따라 근위수근열의 삼각골, 월상골, 그리고 주상골간에 일어나는 움직임을 알아보았다(Fig. 4, 8).

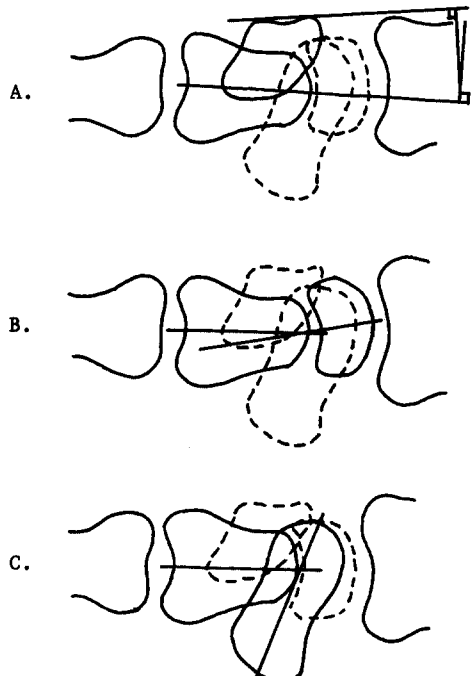


Fig. 3. Measurement of carpal bone angles. A) Capitotriquetrum angle B) Capitoluminate angle C) Capitoscapoid angle

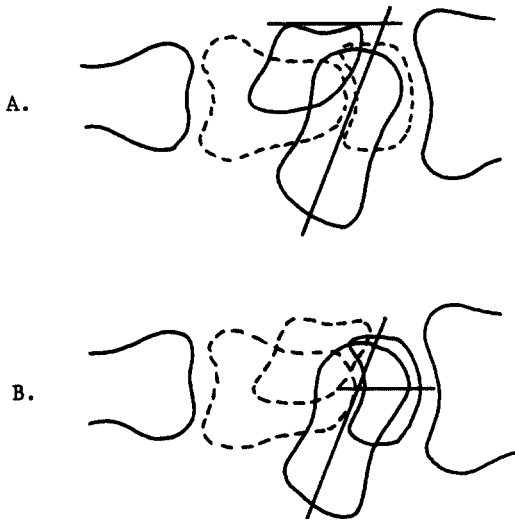


Fig. 4. Measurement of carpal bone angles.
A) Scaphotriquetrum angle B) Scapholunate angle

연구결과 및 분석

1. 결과

1) 유두골-삼각골 간각

하중이 가해지지 않은 상태에서 평균 5.7° 이던 유두골-삼각골 간각은 하중이 주어짐에 따라 5레 모두에서 증가하여, 평균치가 20 kg 하중에서는 14.0° , 35kg 하중에서는 16.0° 로, 하중이 35kg으로 됨에 따라 평균 10.3° 증가하였다

(Table 2). 즉, 하중이 가해짐에 따라 삼각골은 유두골에 대해 전방굴곡하는 양상을 보였다 (Fig. 5-A).

2) 유두골-월상골 간각

하중이 0 kg, 20 kg, 35 kg 일때 각각 평균 21.2° , 34.2° , 38.4° 로, 5레 모두에서 증가하여 하중 35 kg이 주어짐에 따라 평균 17.2° 증가 하였다 (Table 2).

하중이 주어짐에 따라 월상골도 역시 유두골에 대해 전방굴곡을 함을 알 수 있었다 (Fig. 5-B).

3) 유두골-주상골 간각

하중이 주어지지 않을때 평균 73.5° 이던 것이 하중이 20 kg, 35 kg 이 될때 각각 평균 82.8° , 85.2° 로 역시 5레 모두에서 증가하여 평균 11.7° 의 증가를 보임으로써 (Table 2), 주상골 역시 하중이 주어짐에 따라 유두골에 대해 전방굴곡함을 알 수 있었다 (Fig. 5-C).

4) 삼각골-주상골 간각

평균 0.9° 증가하였으나 각각의 예에서 증가 또는 감소하는 양상을 보였다.

5) 주상골-월상골 간각

하중 0 kg에서 평균 52.5° , 25 kg의 하중시 평균 48.7° , 그리고 35 kg의 하중시에는 평균 46.3° 로, 하중이 주어짐에 따라 5레 모두에서 감소하는 양상을 보여 하중이 35 kg이 됨에 따라 평균 6.2° 감소하였다 (Table 2).

Table 2. Results

Angle / Load	0 Kg	20 Kg	35 Kg	From 0 to 35 Kg
Capitate-Triquetrum	5.7	14.0	16.0	+10.3
Capitate-Lunate	21.2	34.2	38.4	+17.2
Capitate-Scaphoid	73.5	82.8	85.2	+11.7
Triquetrum-Scaphoid	68.3	68.5	69.2	+ 0.9
Scaphoid-Lunate	52.5	48.7	46.3	- 6.2

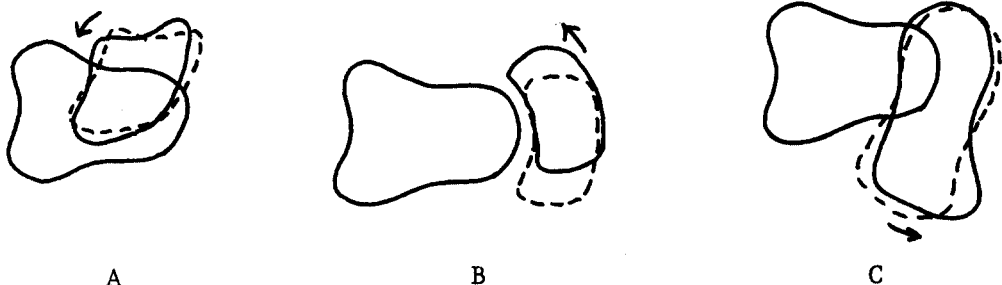


Fig. 5. Volar flexion of carpal bones with progressive loading via second and third metacarpal heads. A) Triquetrum B) Lunate C) Scaphoid.

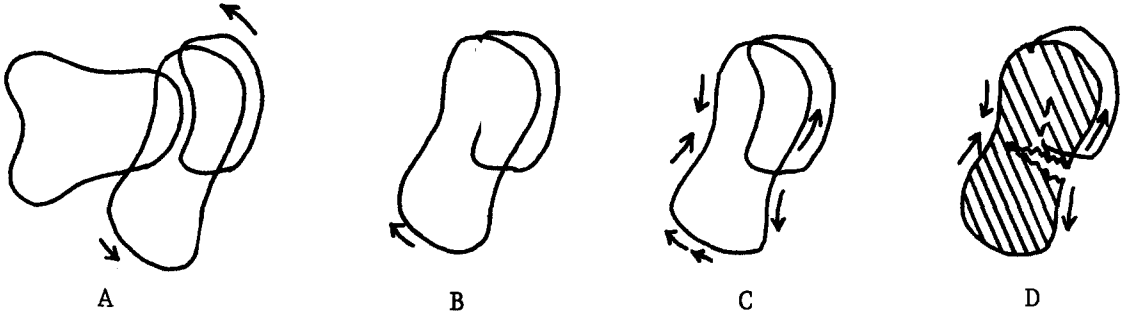


Fig. 6. Schematic drawing of scaphoid fracture in punching injury. **A)** Volar flexion of scaphoid is smaller than that of lunate. **B)** So relatively scaphoid is dorsiflexed to lunate. **C)** Compression force is exerted on the dorsal aspect of scaphoid and tension on volar aspect. **D)** Compression and tension forces lead scaphoid fracture.

이런 사실은 유두골-주상골 간각의 증가가 평균 11.7° 로서 평균 17.2° 의 증가를 보인 유두골-월상골 간각의 증가보다 작은 사실과 함께, 하중이 주어짐에 따라 주상골과 월상골이 모두 유두골에 대해 전방굴곡을 하지만, 주상골이 월상골보다 전방굴곡을 덜 하는것을 시사하는 것으로 생각할 수 있었다(Fig. 8).

2. 분석

위와 같은 사실을 토대로, 주석을 전체 제 2·3중수골두를 통해 완관절부에 하중을 가함에 따라, 주상골에 주어지는 변형력을 다음과 같이 생각할 수 있었다.

1) 주상골의 전면부에 가해지는 장력 및 후면부에 가해지는 압박력.

유두골-주상골 간각의 증가가 평균 11.7° 로,

Fig. 7. The scapholunate angle is decreased.

Fig. 8. Measurement of carpal bone angles. **A)** Lateral roentgenogram of the wrist at 0kg **B)** 35 kg.

평균 17.2°의 증가를 보인 유두골-월상골 간각의 증가보다 작고, 주상골-월상골 간각은 오히려 평균 4.2° 감소하는 것으로 미루어, 하중이 주어짐에 따라 유두골에 대해 주상골과 월상골이 모두 전방굴곡을 하긴 하지만(Fig. 6-A), 주상골의 전방굴곡 정도가 월상골의 전방굴곡 정도보다 적은 것을 알 수 있다. 따라서 유두골, 주상골, 그리고 월상골의 관계를 볼때, 주상골은 유두골과 주상골 보다 더 많이 전방굴곡하는 월상골 사이에서 중간위치를 취하며 하중이 주어짐에 따라 월상골에 대해서는 오히려 상대적으로 후방굴곡한다고 생각할 수 있다(Fig. 6-B). 제 2·3중수골두를 통해 순간적으로 수 백 kg의 큰 힘이 가해지면 이런 양상은 매우 크게 증폭되어 유두골과 월상골 사이에서 상대적으로 후방굴곡하는 주상골의 전면부에는 장력이, 후면부에는 압박력이 가해져(Fig. 6-C), 이에 의해 주상골 골절이 발생할 수 있다고 생각하였다(Fig. 6-D).

2) 유두골에 의해 주상골에 가해지는 압력 및 전단력.

하중이 가해짐에 따라 유두골-주상골 간각은 평균 11.7° 증가하여 주상골은 유두골에 비해 전방굴곡을 하고 있다. 이는 바꾸어 말해서 유두골이 주상골에 대해 과신전되는 양상을 보이는 것이라 할 수 있겠다. 제 2·3중수골두로 강한 하중이 가해질때 유두골은 주상골 쪽으로 밀리면서 이와같은 과신전이 일어나 주상골과의 접촉 관절면에 압박-전단력을 가할 수 있고, 이에 따른 주상골 골절이 가능하다고 하겠다.

3) 전방 요유두인대에 의한 굴곡력

유두골에 대해 삼각골, 주상골, 그리고 월상골등의 근위수근열을 이루는 수근골들은 하중에 주어짐에 따라 모두 전방굴곡하는 양상을 보이고 있는바, 이때 주상골은 그 전면부에 위치하는 강력한 요유두 인대에 걸린다고 생각할 수 있다. 강력한 하중이 짧은 시간동안 제 2·3중수골두를 통해 순간적으로 가해질때 이런 주상골의 전방굴곡은 빠른 속도로 그리고 큰 힘으로 일어나 전방부의 강력한 요유두인대에 주상골이 튀기듯이 걸리게 되고 이로인한 굴곡력으로 골절될 수 있겠다.

고 찰

주상골 골절이 발생하는 기전은 다양하고 잘 이해되어 있지 못한 실정이다.

대부분의 경우는 손을 뻗치고 넘어져서 발생하며, 그외에 손등으로 넘어진 경우, 단순한 손목의 과신전 또는 회내외전, 그리고 직접타격 후에도 발생하는 것으로 알려져 있다. 그러나 각 경우에 있어서 주상골 골절이 발생하는 기전을 이해하기란 쉬운 일이 아니다.

주상골 골절기전에 대하여 1970년 Fisk²⁾는 완관절의 후방굴곡 및 척측변위가 주상골 골절의 주요한 기계적 요인이 될것이라고 시사하였는바, 그 이전에도 squire⁷⁾는 완관절의 무리한 요측 편위로 인해 요측 경상돌기에 주상골이 걸려 골절이 발생된다고 믿었고, Verdan과 Narakis⁹⁾는 회내 및 회외전의 회전부하에 의해 주상골 요부에 전단력이 가해져 골절이 발생한다고 주장하였다. 저자들의 경우 총 20례의 주상골 불유합중 손을 뻗치고 넘어지면서 골절이 발생하였던 경우가 9례로 제일 많았던바, 손목을 후방굴곡하고 넘어져 발생한 경우 주상골 골절이 발생하는 기전에 대해 몇몇 저자들이 실험을 통해 완관절의 후방굴곡 및 척측변위에 의한 골절기전을 시사하고 있다.

Frykman³⁾은 사체실험을 통해 손목의 후방굴곡정도가 크면 클수록 더 많은 힘이 가해져야 골절이 일어나고, 골절은 더 원위부에서 일어난다고 하였다. 즉, 35° 정도의 후방 굴곡시에는 작은 힘으로 전완부의 골절이 발생하고, 40-50°의 후방굴곡시에는 원위 요골골절이 발생하는 반면, 90° 이상의 후방굴곡시에는 수근골 골절이 일어나며, 이때 손목이 요측 편위된 상태이면 주상골 골절이 발생한다고 하였다. Weber와 Chao⁹⁾는 신선 사체 실험을 통해 손목을 95°~100° 후방굴곡한 상태에서 수장부의 요측에 힘을 가함으로써 실험적으로 주상골 골절을 유발시킬 수 있었다고 하였는바, 그들은 주상골의 근위 1/2정도는 요골과 유두골, 그리고 전방인대들에 의해서 안정되어 있는반면 굴곡력이 원위 1/2부에 주어져 보호된 부위와 보호되지 않은 부위의 연결부에서 골절이 발생된다고 주장하였다.

Mayfield⁶⁾ 역시 손목의 과도한 후방굴곡 및 척측변위를 유발시키는 외력이 주상골 요부골절의 주요한 요인이 된다고 하면서 이러한 상태에서는 주상골의 후방부기 요골의 후방관절면에 걸리면서 모두효과(anvil effect)에 의한 골절이 발생되며, 이때 주상골 근위부의 골절은 주상골이 요골의 후방관절면에 걸리기 전에 주상골이 아탈구 되면서 발생한다고 주장하고

있다. 그러나 이러한 주장으로는 주먹으로 권채 제 2·3중수골두로 편치백을 치다가 발생한 주상골의 골절등의 기전을 설명할 수 없다. 또한 손목을 90°-100° 정도 후방굴곡했을때 45° 정도 전방굴곡되어있는 주상골은 결과적으로 약 50° 후방굴곡하게 되는데, 요골의 원위부가 약 15° 내외의 전방경사를 갖고 있다고 생각할 때, 주상골이 요골 원위부의 후방관절면에 닿을 수 있는지는 이론적으로도 상당히 의문이 가는 점이라 하겠다.

저자들이 손목을 90° 이상 후방굴곡하고 촬영한 완관절 측면 방사선 사진에서(Fig. 7) 보더라도 주상골은 요골원위부의 후방관절면에 전혀 닿지않고 있음을 알 수 있고, 이때 주상골은 주상골-월상골간각이 감소하는 방향으로 회전하는 것을 알 수 있다. 이는 주먹을 권채 제 2·3중수골두에 하중을 가했을때 일어나는 주상골의 월상골에 대한 후방굴곡과 매우 유사하다고 하겠다. 즉, 손목의 90° 이상 과신전시에도 주상골은 주상골-월상골 간각이 감소하는 방향으로 회전하여 전면부에는 장력이, 후면부에는 압박력이 가해질 수 있다고 생각되는바, 이는 주먹을 권채 제 2·3중수골두로 편치백등을 가격할 때 발생하는 주상골 골절과 서로 매우 유사한 기전을 갖는다고 생각된다.

이와 같이 주상골 골절에 대한 기전은 설명이 다양하고, 또 다양한 만큼 확실한 결론은 내리기 힘들다고 사료되어 앞으로 연구의 여지가 많은것으로 생각된다.

결 론

저자들은, 주먹을 권채 제 2·3중수골두로 편치백등을 가격하다가 주상골 골절이 발생하였던 4례의 주상골 불유합 환자를 발견하고, 실험을 통하여 이런 손상이 주상골 골절을 일으

키는 기전을 확인하여 이를 보고하는 바이다.

REFERENCES

- 1) Dunn, A.W.: *Fracture and dislocations of the carpus. Surg. Clin. North Am.*, 52:1531, 1972.
- 2) Fisk, G.R. : *Carpal instability and the fractured scaphoid. Ann. R. Coll. Surg. Engl.*, 46: 63, 1970.
- 3) Frykman, G.: *Fractures of the distal radius including sequele-Shoulder-hand-finger syndrome, disturbances in the distal radio-ulnar joint and impairment of nerve function. A clinical and experimental study. Acta Orthop. Scand. Suppl.*, 108:1967.
- 4) Johnson, R.P.: *The acutely injured wrist and its residuals. Clin. Orthop.*, 149:33, 1980.
- 5) Leslie, I.J. and Dickson, R.A.: *The fractured carpal scaphoid. Natural history and factors influencing outcome. J. Bone and Joint Surg.*, 63B:225, 1981.
- 6) Mayfield, J.K.: *Mechanism of carpal injuries. Clin. Orthop.*, 149:210, 1980.
- 7) Squire, M.: *Carpal mechanics and trauma, J. Bone and Joint Surg.*, 41B:210, 1959.
- 8) Verdan, C. and Narakas, A.: *Fractures and pseudoarthrosis of the scaphoid. Surg. Clin. North Am.*, 48:1083, 1968.
- 9) Weber, E.R. and Chao, E.Y. : *An experimental approach to the mechanism of scaphoid waist fracture. J. Hand Surg.*, 3:142, 1978.
- 10) Weber, E.R.: *Biomechanical implications of scaphoid waist fractures. Chin. Olin. Orthop.*, 149:83, 1980.