pISSN : 1226-2102, eISSN : 2005-8918

Case Report J Korean Orthop Assoc 2014; 49: 165-171 • http://dx.doi.org/10.4055/jkoa.2014.49.2.165 www.jkoa.org

가성 익상견갑을 보이는 견갑골 하각부 골절의 치료

민경대 • 황석하* • 김준범 • 조상혁 • 이병일

순천향대학교 의과대학 정형외과학교실, *성애병원 정형외과

Treatment of Scapula Fractures of the Inferior Angle Causing Pseudowinging Scapula

Kyoung-Dae Min, M.D., Seok-Ha Hwang, M.D.*, Jun-Bum Kim, M.D., Sang-Hyuck Cho, M.D., and Byung-Ill Lee, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, Soonchunhyang University College of Medicine, *Department of Orthopepic Surgery, Sungae Hospital, Seoul, Korea*

Nonoperative treatment of scapular body fractures has shown good clinical results. Although scapula fractures of the inferior angle, particularly with oblique lines from the medial proximal to lateral distally, are very rare, we believe that such a fracture pattern would be regarded as an avulsion fracture of the serratus anterior muscle requiring surgery. We have experienced three cases demonstrating pseudowinging of the scapula due to displacement of the inferior angle fracture of the scapula. Surgical repair or plating showed satisfactory clinical results. Through these cases, we describe the cause of winging scapula and the problems resulting from an avulsion fracture of the serratus anterior muscle with a review of the relevant literature and explain the reason that an operation is needed for this fracture pattern.

Key words: scapula, serratus anterior muscle, winging scapula, avulsion fracture

견갑골 체부 골절은 드물게 발생하는 골절이지만 보존적 치료로 양호한 임상결과를 얻을 수 있기 때문에 대부분의 경우 보존적 치료를 시행하고 있다.[1] 이 중 장흉신경이나 척추 부신경과 같은 신경의 손상 없이 견갑골 골절로 익상견갑이 발생한 보고는 매우 드물다.[2-6] 그러나 견갑골 하각부 골절에서는 해부학적 특수성으로 익상견갑이 발생하기 쉬운데, 이 경우 전거근의 견인력에 의해 골편에 전위가 발생할 가능성이 높아 보존적 치료로 양호한 임상 결과를 얻을 수 있는지 의문스럽다.

저자들은 견갑골 하각부에서 골절선이 견갑골 내측을 근위부로 시작해서 외측을 원위부로 향하는 하내측 사선골절 3예를 경험하였다. 전체 예에서 신경손상은 없었으나 통증이 동반된 익상 견갑 소견과 기능적 장애를 확인하였으며 수술적 치료로 만족할 만한 임상적 결과를 얻었다. 이에 견갑골 하각부 하내측 사선골절을 수술적 치료가 필요한 전거근 견열골절로 이해할 필요가 있다고 판단하여 이를 문헌고찰과 함께 보고하고자 한다.

Received November 25, 2013 **Revised** December 11, 2013
Accepted January 8, 2014
Correspondence to: Seok-Ha Hwang, M.D.
Department of Orthopedic Surgery, Sungae Hospital, 22 Yeouidaebang-ro 53-gil, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-960, Korea
TEL: +82-2-840-7233 **FAX:** +82-2-840-7755 **E-mail:** hwangseokha@naver.com

증례보고

1. 증례 1

특별한 과거력이 없는 신체건강한 41세 남자가 12개월 전 교통사고 후, 단순 방사선 촬영상 우측 하부 견갑골 골절이 있다고 진단받은 후 보조기를 이용한 보존적 치료를 해오다 활동 시에 지속되는 견관절 후방 통증과 외전 시 탄발음을 주소로 내원하였다. 환자는 우측 손을 전방으로 올릴 때와 우측 손으로 벽을 미는 동작을 할 때 심한 통증을 겪었으며, 우측 견갑골 하방에 압통과 이동성 종물을 호소하였다. 이학적 검사상 견관절 운동범위는 모든 범위에서 가능하였으나, 후면에서 관찰 시 견갑골 하각부의 부분

 Copyright © 2014 by The Korean Orthopaedic Association

"This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited."

함몰이 관찰되며, 전방 거상 시 견갑골의 내측경계가 후방으로 돌출되는 익상견갑의 형태를 보였다(Fig. 1A). 우측 견갑골 측면을 촬영한 단순방사선촬영 소견상 견갑골 하각부에서 분리된 골편이 전외측을 향하여 늑골쪽으로 전위되어 있었고(Fig. 1B), 컴퓨터단층촬영 소견상 견갑골 하각부에 경계부위가 완만한 골편의 전외방 전위가 확인되어 견갑부 하각 골절부가 불유합된 것으로 판단되었다(Fig. 1C). 신경 전기 생리학적 검사는 특이소견을 보이지 않았다.

골절편은 전거근의 견인으로 통증과 기능장애를 동반한 익상견을 야기하고, 불유합된 골절편은 더 이상의 보존적 치료로 유합되기 어려워 보여 수술적 치료를 실시하기로 결정하였다. 견갑골 하각부를 중심으로 10 cm 가량 사면으로 절개하고 광배근과 승모근 사이로 견갑골 하내측연에 도달한 후 전외측으로 전위된 하각부 골절편 주변으로 형성된 점액낭과 비후된 섬유성 조직을 제거하니 전거근은 골절편 늑골면에 부착되어 있었으며, 견갑골 내측연에서 대능형근은 파열되어 있는 소견을 보이고 있었다. 골절편 경계부 일부를 마멸하여 출혈을 확인한 후 정복하였으며 두 개의 잠김 압박 금속판(locking compression plate [LCP] 2.4 straight, Synthes, Bettlach, Switzerland; LCP condylar plate, 2.4, Synthes)를 이용하여 골절편을 고정하였다. 이후 자가골 이식을 시행하고 하각부와 골절편에 각각 천공을 하여 FiberWire® (Arthrex, Naples, FL, USA)를 이용한 골편 봉합을 통해 추가적인 고정을 하였다(Fig. 1D). 수술 후 견관절 외전보조기로 고정한 상태에서 간헐적으로 진자운동(pendulum exercise)과 90도 이하의 수동적 관절운동을 조심스럽게 시행하였다. 술 후 6주에 촬영한 단순방사선 사진에서 골절편이 잘 유지되고 있음을 확인 후(Fig. 1E), 능동적 관절운동을 시행하여 가능한 범위까지 늘려나갔다. 술 후 3개월 외래 추시에서 관절운동은 모든 범위에서 통증 없이 가능하였고, 운동 시 탄발음과 익상견갑 소견도 없어졌다(Fig. 1F). 술 후 24개월째 최종추시에서 수상 전과 같은 일상생활을 하

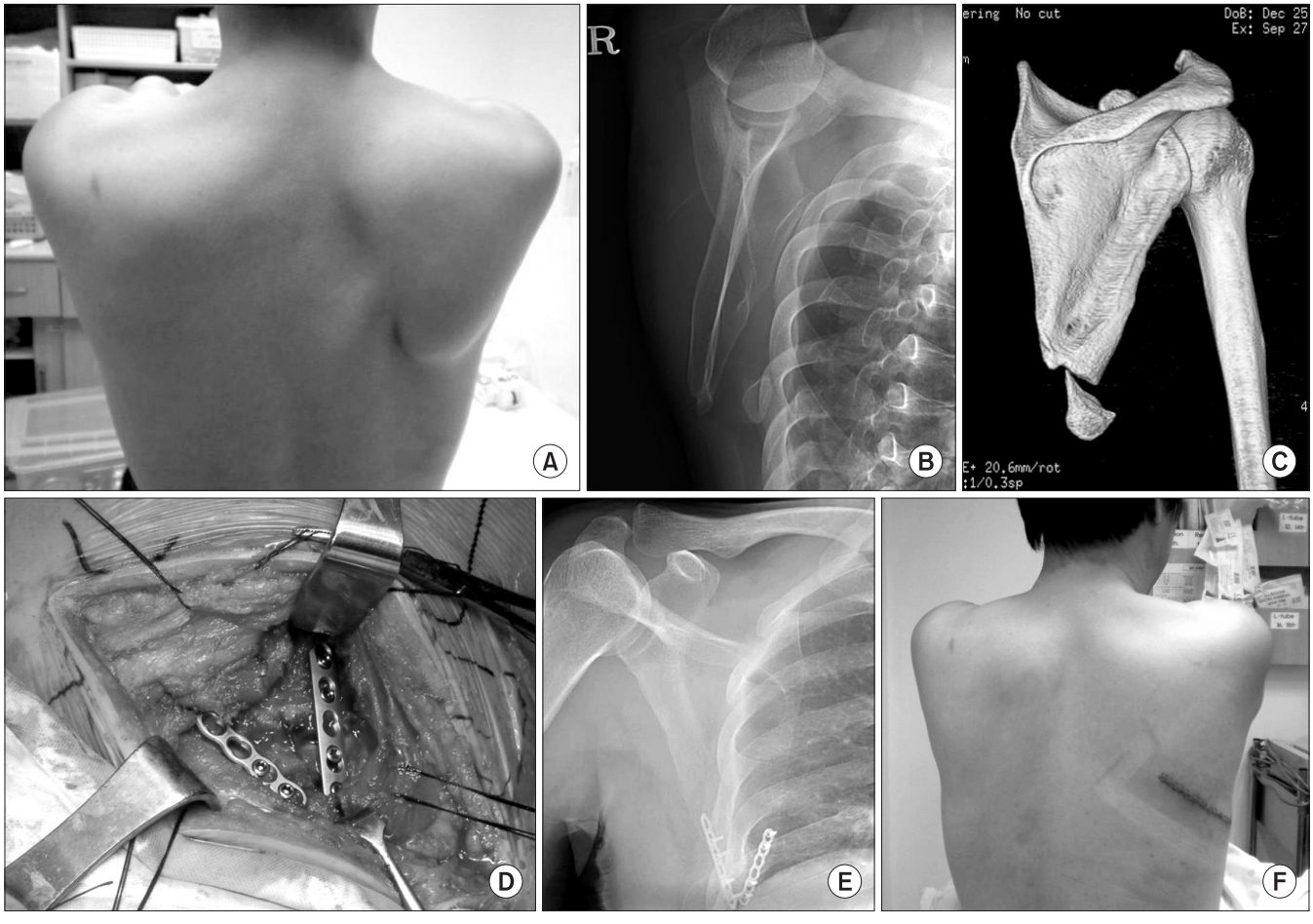

Figure 1. (A) On physical examination, a 41-year-old driver who suffered a traffic accident; image shows right winging of the scapula at posttraumatic one year. (B) Scapula lateral view shows the bony fragment, which is separated from the inferior border of the scapula and displaced by the serratus anterior muscle. (C) Image of 3-dimensional-computed tomography can check for a blunted fracture margin, suggesting nonunion. (D) Intraoperative image shows the surgical technique used to reduce and hold the fracture with a double plate and surgical repair. (E) At postoperative six weeks, lateral radiograph of the right scapula shows a well reducted state of the bony fragment. (F) At postoperative three months, there is no winging of the scapula on elevation of the arm and no crepitus on abduction.

고 있어 만족할 만한 임상적 결과를 보였다.

2. 증례 2

39세 남자환자로 3 m 높이 언덕에서 떨어지면서 발생한 좌측 견갑부 통증을 주소로 내원하였다. 내원 시 좌측 하각부에 압통을 호소하였으며 견갑골 하내측이 돌출된 익상견갑 소견을 확인할 수 있었다. 단순방사선 사진과 컴퓨터단층촬영 소견상 좌측 견갑골 하각부에 내측연을 근위부로 시작해서 외측연을 원위부로 하는 사선골절과 골절편이 하각부 전외측으로 전위된 소견을 확인할 수 있었다(Fig. 2A, 2B). 익상견갑의 원인을 확인하기 위해 시행한 신경전기 생리학적 검사는 이상소견이 없었다.

전위된 골절편으로 인해 익상견갑이 발생하였고 기능적 장애가 예상되었기 때문에 수술적 치료를 하기로 결정하였다. 견갑골 하각부 중심으로 사면 절개하여 광배근과 승모근 사이로 견갑골 하내측연을 확인 후 주변 혈종을 제거하고 살펴보니 전외측으로 전위된 골편을 확인할 수 있었다. 대능형근과 대원형근은 견갑골에 부착되어 있었으며 전위된 골편에 부착되어 있는 전거근을 확인할 수 있었다. 금속판을 이용하여 고정하기에는 골절편이 작고 두께가 얇아 골편과 하각부에 각각 5곳을 천공한 후 FiberWire® (Arthrex)를 통과시켜 봉합하는 방법으로 골편 고정술을 시행하였다. 수술 후 견관절 외전보조기를 착용시켜 고정하였다. 술 후 3개월째 시행한 단순방사선 사진과 컴퓨터단층촬영에서 유합된 골편을 확인할 수 있었으며(Fig. 2C, 2D), 관절운동은 모든 범위에서 통증 없이 가능하였고 익상견갑은 보이지 않았다. 술 후 18개

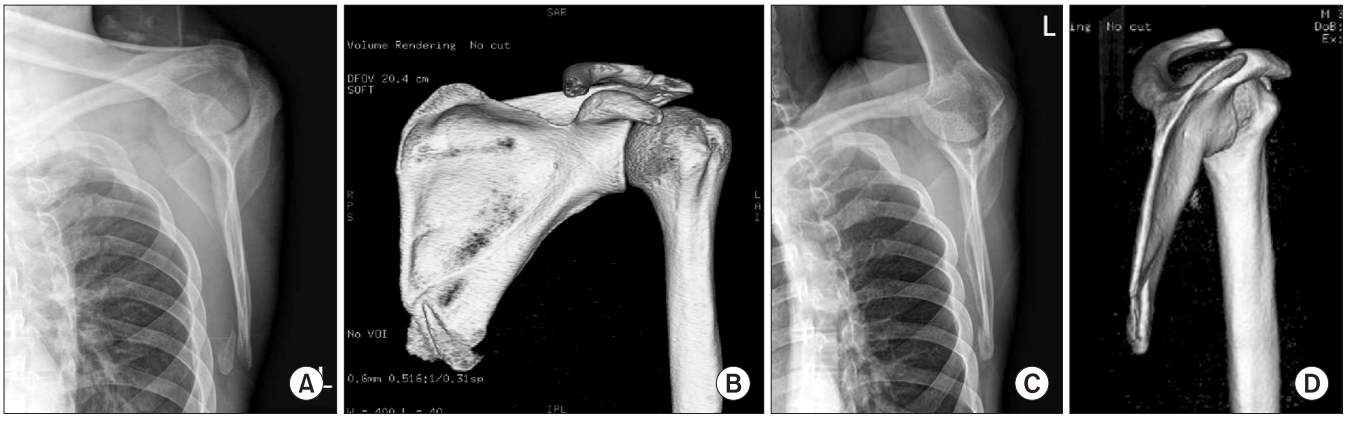

Figure 2. (A, B) Scapula lateral view and image of 3-dimensional-computed tomography show the inferior border fracture of the scapula and anterolateral displacement of the bony fragment. (C, D) At postoperative three months, lateral radiograph and image of 3-dimensional-computed tomography of the left scapula confirm good alignment of the inferior angle of the scapula.

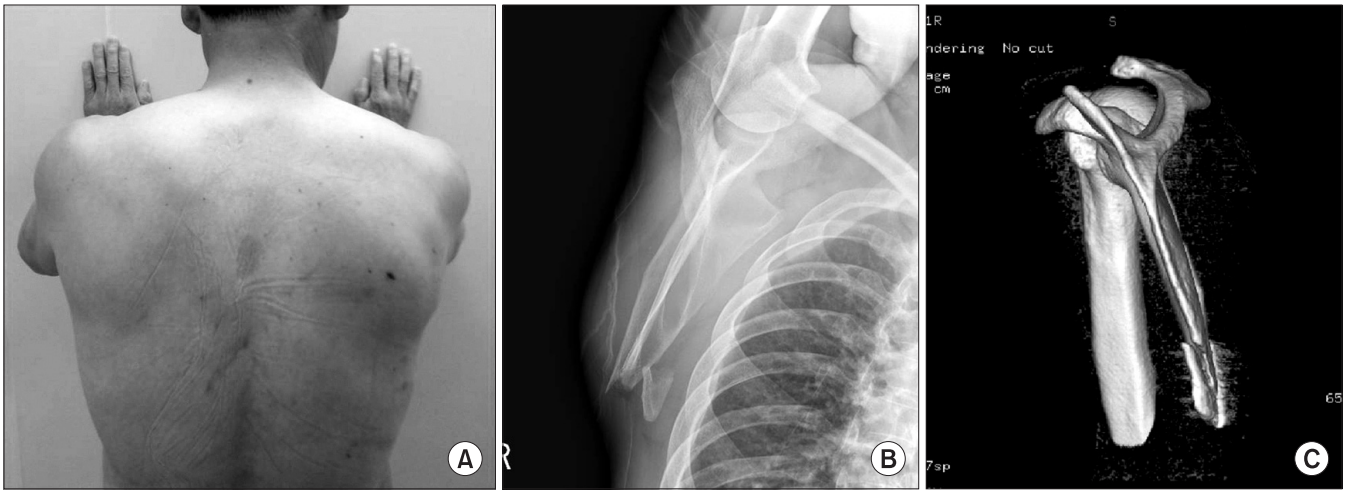

Figure 3. (A) On initial examination, a 55-year-old man who fell from a height of 2 m; photography shows dominant winging of the right scapula in leaning with his arms on the wall. (B) Scapula lateral view shows anterolateral displacement of the bony fragment with the inferior border fracture of the scapula. (C) At postoperative three months, image of 3-dimensional-computed tomography of the right scapula confirms acceptable alignment of the inferior angle of the scapula.

월째 최종 추시 시 특별한 문제없이 생활이 가능한 상태로 만족할 만한 임상적 결과를 얻었다.

3. 증례 3

55세 남자환자로 작업도중 2 m 높이 사다리에서 떨어지면서 발생한 우측 견갑부와 좌측 흉곽 통증을 주소로 내원하였다. 우측 견갑골 하각부에 부종으로 익상겹갑은 명확하지 않았으나 양 팔을 앞으로 전방거상하여 벽을 미는 동작을 취하니 우측 견갑골 하내측이 돌출되는 익상견갑 소견을 확인할 수 있었다(Fig. 3A). 단순방사선촬영 소견상 좌측 제4, 5번 늑골 골절과 함께 우측 견갑골 하각부에 내측연이 근위부로 향하는 브이(V) 형태의 하각부 골절을 확인할 수 있었다(Fig. 3B). 신경전기 생리학적 검사는 정상이였다. 견갑골 하각부 중심으로 사면 절개하여 견갑골 하내측연에 도달하여 혈종을 제거하니 전외측으로 전위된 골편 전면부에 전거근이 부착되어 있었고 대원형근, 대능형근, 광배근이 부분적으로 골편에 부착되어 있었으나 명확한 근파열 소견은 관찰되지 않았다. 하각 골편의 외측연은 2.0 cm 정도 되어 잠김 압박 금속판(LCP 2.4 straight, Synthes)을 이용한 고정을 시행 후 나머지 부분은 뼈에 구멍을 만들어 골편을 봉합하여 고정하였다. 술 후 3개월째 시행한 컴퓨터단층촬영 소견에서 골편은 정복된 상태로 잘 유지되고 있었고(Fig. 3C), 술 후 12개월째 외래 추시에서 통증 없이 전범위 근력운동이 가능하였으며 익상견갑 소견은 나타나지 않았다.

고 찰

익상견갑이 장흉신경의 손상에 따른 전거근의 기능적 장애로 발생한다는 사실은 널리 알려져 있으나 전거근을 포함한 근육손상이나 견갑골의 골절에 의해 익상견갑이 발생했다는 보고는 드물다.[2-6] 전거근은 상지 거상 시와 견갑대(shoulder girdle)가 전방으로 움직이는 경우 견갑골의 내측연과 하각부를 흉곽에 고정하는 역할과 견관절의 원회전(circumduction)이 가능하도록 견갑골의 회전과 견인에 관여하는 고유 기능을 하는 근육으로, 첫 번째부터 8-9번째 늑골 외측에서 기시해서 견갑골 전내측면에 부착한다.[2,6-9] 그런데 전거근의 하부를 이루는 근육군은 5-6번째 늑골부터 8-9번째 늑골 외측에서 기시해서 견갑골 하각부 전내측면에 부채모양으로 수렴하는 궤도를 이루며 부착하는 해부학적인 특성으로 견갑골 하각부에 전거근에 의한 흉곽으로의 견연력이 집중된다.[2,6,9] 따라서 견갑골 하각부 골절 시 견갑골 체부는 체부에 작용하는 전거근의 근력 약화로 익상견갑이 발생하기 쉽다.

견갑골 골절이 전체 골절의 1%도 안되는 빈도로 발생하는 드문 골절이고 견갑골 하각부 골절은 몇몇 보고밖에 없을 정도로 적기 때문에 수상 기전을 정확히 파악하는 것은 어렵다(Table 1).[1-4,6,10] 그러나 일반적으로 견갑골 골절이 고에너지 손상에서 발생하는 데 반해 견갑골 하각부 골절은 하각부에 직접적인 충격(direct blow, blunt trauma)이 가해지거나, 수부나 주관절 등에 충격이 가해지면서 발생하는 전거근의 강력한 수축력에 의한 손상으로 발생하기 쉽다.[3,4,6,10] 본 증례들의 수상기전도 고에너지 손상이라기 보다는 견갑골 하부에 직접적인 충격이나 팔을 바닥에 짚으면서 전거근에 강력한 수축력을 일으키는 간접적인 손상으로 견갑골 하각부 골절이 발생한 것으로 추측되었으며 고에너지 손상에서 보이는 심각한 동반 손상도 보이지 않았다. 견갑골 하각부 골절이 고에너지 손상이 아닌 직접적인 충격이나 간접적인 손상으로도 발생하는 것은 하각부에 집중적으로 부착하는 전거근의 견인력이 하각부 골절을 일으키는 힘으로 작용하기 때문으로 보인다. 따라서 전거근 견열골절로 발생한 견갑골 하각부 골절편은 전거근에 의해 전외측으로 전위될 가능성이 높기 때문에 보존적 치료로 유합되지 않을 가능성이 높을 것으로 생각된다. 특히 전거근 하부를 이루는 근육군이 견갑골 하각부에 집중적으로 부착하는 해부학적인 특성으로 인해 본 증례들과 같이 내측에서 근위부로 올라간 양상의 하각부 사선골절일 경우 골절편에 전거근에 의한 견인력이 더욱 집중되기 때문에 전위될 가능성이 높을 것으로 판단된다.

Gaffney[7]와 Otoshi 등[8]은 전거근의 견열손상이 있는 경우라도 견갑골 골절을 동반하지 않은 경우에서 익상견갑을 보이지 않았다고 보고했고, Franco 등[10]은 전거근 견열골절로 보이는 흉곽쪽으로 휘어진 견갑골 하각부 골절환자에서 익상견갑 소견은 나타나지 않았다고 보고했다. 그러나 Hayes와 Zehr[2], Mansha 등[6]은 내측에서 근위부로 올라간 사선모양의 견갑골 하각부 골절을 보고하였는데, 모두에서 견갑골 하각부 골절편이 전외측으로 전위되면서 익상견갑 소견을 보였다고 하였다. 저자들이 보고한 증례들도 모두 이와 유사한 견갑골 하각부 하내측 사선골절을 보이는 경우였으며, 대능형근 파열이 동반된 증례 1에서 견갑골 내측연이 전반적으로 돌출된 익상견갑 소견을 보였으며 나머지 증례들에서도 익상견갑 변형을 확인할 수 있었다.

견갑골 체부 골절은 대부분 보존적 치료로 좋은 결과를 보고하고 있으나 전위가 심하거나 견열골절인 경우 수술적 치료를 고려해야 하고 견갑골의 오구돌기, 관절와 하부, 견봉 등에 견열골절이 발생한 경우에도 수술적 치료가 필요할 수 있다고 보고하고 있다.[1,3,6] Heyse-Moore와 Stoker,[3] Brindle과 Coen[4]은 익상견갑을 보이는 견갑골 하각부 골절의 경우도 보존적 치료로 양호한 치료결과를 얻었다고 보고하였다. 그러나 본 증례들과 같은 양상을 보이는 견갑골 하각부 골절의 경우 전거근에 의해 골편이 전외측으로 전위되기 쉽고 이로 인해 견갑골은 하향 회전(downward rotation)되면서 익상견갑 소견을 보인다면 보존적 치료를 통한 골유합을 얻기 힘들다고 여겨진다. 더구나 견갑골 하각부 골절편에 부정유합이나 불유합이 발생하면 견갑골에 작용하는 전거근의 기능이 약해지면서 기능상 장애 및 통증이 지속되며 익상견갑의

Table 1. Summary of Literature Reporting on Fracture of the Inferior Angle of the Scapula

Source (year) (Age [yr]/sex/side)	Injury mechanism	Concomitant inury	Fracture pattern	Winging scapula	Treatment	Time to surgery	Follow-up	Clinical outcome	Radiologic outcome
Hayes and Zehr[2] (1981) (25/M/right)	NA	Cerebral contusion	Inferior angle Fx. /c inferomedial fragment	Winging scapula	Operative	9 months	12 months	Functional recovery /c no pain, no winging	NA
Heyse-Moore and Stoker[3] (1982) (13/F/left)	Direct trauma	No	Fx. of inferior angle	Winging scapula	Cons.		4.5 months	Functional recovery, prominence at the lower angle	Bony union
Brindle and Coen[4] (1998) (17/M/right)	Indirect trauma (violent contraction)	No	Fx. of inferior angle	Winging scapula	Cons.		6 months	Functional recovery /c no pain, no winging	Bony union
Franco et al.[10] (2004) (47/M/left)	Indirect trauma (repetitive contraction)	No	Fx. at the lower angle /c deflection of the fragment towards the chest wall	No winging scapula	Cons.		12 months	Light pain in arm abduction movement	Slipping of the fractured fragment
Mansha et al.[6] (2010) (31/M/right)	Direct trauma	No	Inferior angle Fx. /c inferomedial fragment	Winging scapula	Operative	24 months	3.5 months	Functional range of motion /c no pain, no winging	NA
Case 1 (41/M/right)	Direct trauma	No	Inferior angle Fx. /c inferomedial fragment	Winging scapula	Operative	12 months	24 months	Functional recovery /c no pain, no winging	Bony union
Case 2 (39/M/left)	Indirect trauma (falling on an outstretched arm)	No	Inferior angle Fx. /c inferomedial fragment	Winging scapula	Operative	5 days	18 months	Functional recovery /c no pain, no winging	Bony union
Case 3 (55/M/right)	Indirect trauma (falling on an outstretched arm)	Left 4th, 5th rib Fx.	Inferior angle Fx. /c inferomedial fragment	Winging scapula	Operative	5 days	12 months	Functional recovery /c no pain, no winging	Bony union

M, male; F, female; NA, not available; Fx., fracture; /c, with; Cons., conservative treatment.

호전을 기대하기 어려울 것이다. Hayes와 Zehr[2]는 이와 같은 골절 환자에서 7개월간의 보존적 치료에도 익상견갑 변형이 지속되고 근력약화 및 통증이 호전되지 않아 골편제거술 및 견연된 전거근을 부착부에 봉합하였으며, Mansha 등[6]도 견갑골 하각부 하내측 골절환자에서 2년간의 보존적 치료에도 지속되는 근력 약화 및 통증과 익상견갑 소견으로 골편의 수술적 봉합술을 시행했다고 보고하였다. Franco 등[10]은 견갑골 하각부 골절환자에서 보존적 치료 후 1년 추시에서 골편이 더 전위되면서 견관절 외전 시 통증이 지속되었다고 보고하였다. 증례 1의 경우도 1년간의 보존적 치료에도 불구하고 관절운동 시 탄발음을 동반한 통증과 기능적 장애가 지속되어 금속판을 이용한 고정술을 시행한 경우였다. 물론 전거근 견열골절 시 수술적 치료를 통해 더 나은 임상적 결과를 얻을 수 있는지 확인하기 위해서는 더 많은 증례를 통한 비교 연구가 필요하리라 생각된다.

결론적으로 외상으로 발생한 견갑골 하각부 골절이 하내측 사선골절 양상인 경우는 전거근의 강력한 수축이 작용한 견열골절로 이해하여야 할 것으로 보인다. 이 경우 전거근이 작용하는 해부학적 특성으로 인해 익상견갑이 발생하기 쉽고, 전거근의 견인력에 전위된 골절편이 보존적 치료로 유합되기 어렵기 때문에 기능적 장애가 남을 가능성이 높아 수술적 치료가 필요할 것으로 판단된다.

REFERENCES

1. Zlowodzki M, Bhandari M, Zelle BA, Kregor PJ, Cole PA. Treatment of scapula fractures: systematic review of 520 fractures in 22 case series. J Orthop Trauma. 2006;20:230-3.
2. Hayes JM, Zehr DJ. Traumatic muscle avulsion causing winging of the scapula. A case report. J Bone Joint Surg Am. 1981;63:495-7.
3. Heyse-Moore GH, Stoker DJ. Avulsion fractures of the scapula. Skeletal Radiol. 1982;9:27-32.
4. Brindle TJ, Coen M. Scapular avulsion fracture of a high school wrestler. J Orthop Sports Phys Ther. 1998;27:444-7.
5. Bowen TR, Miller F. Greenstick fracture of the scapula: a cause of scapular winging. J Orthop Trauma. 2006;20:147-9.
6. Mansha M, Middleton A, Rangan A. An unusual cause of scapular winging following trauma in an army personnel. J Shoulder Elbow Surg. 2010;19:e24-7.
7. Gaffney KM. Avulsion injury of the serratus anterior: a case history. Clin J Sport Med. 1997;7:134-6.
8. Otoshi K, Itoh Y, Tsujino A, Hasegawa M, Kikuchi S. Avulsion injury of the serratus anterior muscle in a high-school underhand pitcher: a case report. J Shoulder Elbow Surg. 2007;16:e45-7.
9. Hamada J, Igarashi E, Akita K, Mochizuki T. A cadaveric study of the serratus anterior muscle and the long thoracic nerve. J Shoulder Elbow Surg. 2008;17:790-4.
10. Franco M, Albano L, Blaimont A, Barrillon D, Bracco J. Spontaneous fracture of the lower angle of scapula. Possible role of cough. Joint Bone Spine. 2004;71:580-2.

pISSN : 1226-2102, eISSN : 2005-8918

Case Report J Korean Orthop Assoc 2014; 49: 165-171 • http://dx.doi.org/10.4055/jkoa.2014.49.2.165 www.jkoa.org

가성 익상견갑을 보이는 견갑골 하각부 골절의 치료

민경대 • 황석하* • 김준범 • 조상혁 • 이병일

순천향대학교 의과대학 정형외과학교실, *성애병원 정형외과

견갑골 체부 골절은 대부분 보존적 치료를 시행하고 있으며 양호한 임상 결과를 보이는 것으로 알려져 있다. 그러나 견갑골 하각부 골절, 특히 하각부 골절선이 내측에서 근위부로 올라간 양상의 사선골절은 매우 드물지만 수술적 치료를 고려해야 하는 전거근의 견열골절로 생각된다. 저자들은 견갑골 하각부 골절의 전위로 인해 가성 익상견갑 변형을 보인 3예의 드문 증례를 경험하고 관혈적 정복과 봉합사 및 금속판을 이용한 고정술을 통하여 만족할 만한 임상적 결과를 얻었는데, 본 증례들과 같은 골절 양상을 보이는 견갑골 하각부 골절이 발생했을 경우 익상견갑이 나타나는 원인과 전거근 견열골절로 인한 문제점에 대하여 문헌고찰과 함께 살펴보고 수술적 치료의 필요성을 설명하고자 한다.

색인단어: 견갑골, 전거근, 익상견갑, 견열골절

접수일 2013년 11월 25일 **수정일** 2013년 12월 11일 **게재확정일** 2014년 1월 8일

책임저자 황석하

서울시 영등포구 여의대방로53길 22, 성애병원 정형외과

TEL 02-840-7233, **FAX** 02-840-7755, **E-mail** hwangseokha@naver.com

 Copyright © 2014 by The Korean Orthopaedic Association

"This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited."