

견관절의 미세 불안정성

고려대학교 구로병원 정형외과

문 준 규 · 김 정 훈

Microinstability of the Shoulder

Jun-Gyu Moon, Jung-Hoon Kim

Department of Orthopedic Surgery, Korea University Guro Hospital, Seoul, Korea

A variety of theories have been reported as causes of shoulder pain in overhead throwing athletes. Recently, an explanation with microinstability of the shoulder and internal impingement has been proposed. The concept of the microinstability is that pathologic laxity of the anterior capsule caused by repeated abduction and external rotation of the shoulder leads to abnormal glenohumeral biomechanics and causes internal impingement of the shoulder. Based on the understanding of the pathology, it is recommended to identify the causes of shoulder pain in the overhead throwing athletes and perform appropriate rehabilitation or surgical treatment.

Keywords: Shoulder, Microinstability, Internal impingement

서 론

견관절은 신체 관절 중 가장 넓은 운동 범위의 가동성과 정적 및 동적인 안정성을 조화롭게 유지하며 기능을 수행한다. 야구의 투수와 같이 체상 투구(overhead throwing) 운동 선수의 경우에는 이러한 기능을 최대에 활용하는데, 장기간의 투구로 인한 과사용은 기능적 균형 상태의 관절을 강직성 또는 불안정성 상태로 변화시킬 수 있다. 특히 야구의 투수들은 투구 동작

중 소위 마비 상완 징후(dead arm sign)을 호소하는데 이는 견관절이 외전 및 외회전 되는 후기 거상기에 갑작스러운 통증을 느끼면서 정상적인 투구를 하지 못하는 증상을 말한다¹. 이러한 증상에 대한 설명으로 많은 가설들이 제기되어 왔는데, 후견갑와 석회성 병변², 견봉의 골극³, 견봉하 충돌⁴, 회전근 힘줄 병변⁵, 상완 이두건 장두⁶, 미세 불안정성⁷, 내적 충돌 증후군(internal impingement)⁸ 및 superior labrum anterior to posterior (SLAP) 병변⁹ 등이 대표적이다.

과거 제시되었던 미세 불안정성 이론은 고식적인 불안정성과 달리, 뚜렷한 병리 소견이나 육안적 불안정성을 증명하지 못하여 논란이 있었다^{7,10}. 최근에는 전방 관절낭(anterior capsule)의 이완으로 인한 상완 골두의 비정상적인 이동과 내회전 운동 결손 및 내적 충돌 현상이 체상 투구 운동선수에서 견관절 통증을 일으키는 원인으로 제시되고 있다¹¹.

병리 기전

야구의 투수와 같은 체상 투구 운동선수는 최대한의 관절

Received: October 15, 2018 Revised: November 19, 2018

Accepted: November 27, 2018

Correspondence: Jun-Gyu Moon

Department of Orthopedic Surgery, Korea University Guro Hospital, 148 Gurodong-ro, Guro-gu, Seoul 08308, Korea

Tel: +82-2-2626-3089, Fax: +82-2-2626-1163

E-mail: moonjg@korea.ac.kr

Copyright ©2018 The Korean Society of Sports Medicine

© 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.

운동 범위와 힘을 반복적으로 사용한다. 이 때 구속을 높이기 위해 견관절의 외전 및 과도한 외회전 자세를 취하게 되는데 이를 위해서는 견관절의 이완성 또는 상완 골두의 이동성을 필요로 한다. 또한 투구 동작 시기 중 후기 거상기와 가속기에 전방 관절낭에 인장력이 집중되는데, 반복적인 부하로 인하여 전방 관절낭 이완이 발생 할 수 있다¹². 이러한 변화는 외회전을 증가시켜 더 빠른 공을 던지기 위한 적응으로도 해석될 수 있다¹³. 하지만 이러한 상태가 지속되면 전방 관절낭의 미세 손상이 발생하고 점차로 누적되어 결국에는 정도의 불안정성이 발생한다. 일부 저자들은 이러한 관절낭 이완에 의한 불안정성을 미세 불안정성이라고 하여 해부학적 탈구 없이 회전 또는 단일 방향의 병적인 이완 상태라고 정의하였다¹⁴. 전하방 관절낭의 이완은 상대적인 후하방 관절낭의 구축을 초래하고 이로 인해 상완 골두가 후상방으로 이동하여 견갑과 상완 관절의 생역학적 변화가 생긴다. 견관절의 외전 및 외회전 자세에서 견갑과 상완관절의 접촉점의 변화는 내적 충돌, 관절낭 손상, 회전근 힘줄 및 관절와순 손상을 유발한다¹⁵. 임상적으로 투수들이 후기 가속기에 동통을 호소하면서 구속이 감소하는 마비 상완 증상을 이러한 기전으로 설명할 수 있다¹². Burkhart와 Lo¹⁶는 병리 기전의 순서를 다르게 해석하였는데, 정상적인 상태에서는 상완 골두가 전방 관절낭에 대해 cam 효과를 보여 안정성을 유지할 수 있다고 하였다. 하지만 후방 관절낭의 구축이 있는 경우에는 cam 효과가 감소하면서 전방 관절낭이 이완되고, 이와 함께 SLAP 병변과 같은 동반 손상이

생기면 전방 불안정성이 생긴다고 하였다. 증상이 있는 체상 투구 선수들이 공통적으로 가지고 있는 후방 관절낭의 구축을 일차적인 병리 원인으로 생각하고, 이로 인해 병변이 점차적으로 발생한다고 주장하였다(Fig. 1).

한편 미세 불안정성과 관련된 병변으로 내적 충돌 증후군을 들 수 있다. 어깨 관절의 내적 충돌 증후군은 견관절의 외전 및 외회전 시 회전근개의 관절면이 대결절과 후상방 관절와 사이에 끼이면서 충돌하는 현상을 말하며, 이는 고식적인 외적 충돌 증후군과 구분된다. 1992년 Walch 등⁸은 운동선수의 수술 시 관절경 소견에 보이는 내적 충돌 현상을 처음으로 보고하여 이 병변이 투구를 하는 운동 선수들에서 통증의 주요 원인이라고 발표하였다. 하지만 내적 충돌 증후군과 미세 불안정성과의 연관성에 대한 해석은 아직 논란이 있는 실정이다¹⁴. 일부 저자들은 전방 불안정성이 내적 충돌의 원인이라고 주장하였다. Jobe 등¹⁷은 체상 투구 운동선수에서 전방 관절낭의 과잉 이완 상태로 인한 불안정성이 견봉하 충돌과 내적 충돌을 일으키며, 치료를 위해 전방 관절낭 관절와순 복합체의 재건수술이 효과적이라고 발표하였다. 하지만 이후 연구에서는 내적 충돌은 불안정성이 없는 운동 선수나 일반인에게도 보이는 정상적인 현상이라고 주장하였다¹⁸. 특히 Burkhart 등¹²은 내적 충돌은 견관절에서 과도한 외회전을 억제하는 정상적인 방어 기전이며, 오히려 내적 충돌이 발생하지 않으면 심한 과외회전이 발생하여 병적인 불안정성을 악화시킬 수 있다고 하였다. 체상 투구 운동 선수의 경우, 후하방 관절낭의 구축과 전방

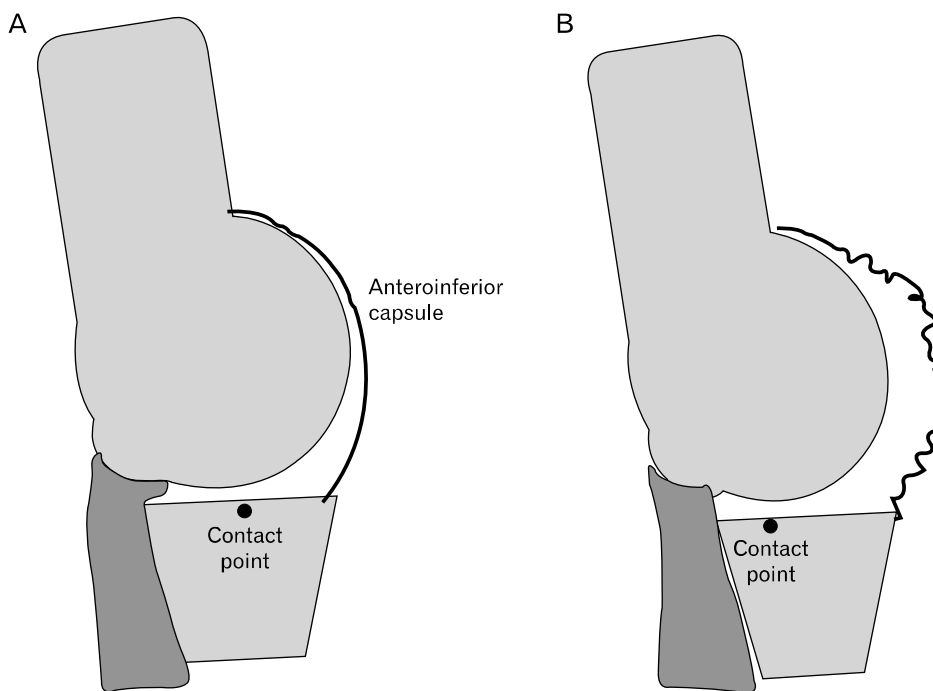


Fig. 1. The pathomechanism of the microinstability. (A) With the shoulder in a position of abduction and external rotation, humeral head produces a cam effect of anteroinferior capsule, by tensioning the capsule. (B) With a posterolateral shift of the glenohumeral contact point caused by posterior capsule tightness, cam effect of the proximal humerus is reduced. This creates a relative redundancy in the anteroinferior capsule.

관절낭의 상대적 이완 상태에서 과외회전이 발생하고, 이로 인해 회전근 힘줄과 관절과 순에 손상을 받게 된다고 주장하였다.

최근에는 체상 투구 운동선수에서 통증의 원인으로 견갑 흉곽 운동 장애(scapular dyskinesis)와 관절와 상완 내회전 결손(glenohumeral internal rotation deficit)에 대한 관련성이 대두되고 있다^{19,20}. 운동선수에서 과사용으로 인한 견갑골 주위 근육의 피로 또는 직접적인 견갑골 주위 근육손상은 견갑골의 이상 위치, 하방부 돌출, 오구 돌기 통증과 이상 위치 및 견갑골 운동 장애가 발생할 수 있는데 Burkhart 등¹⁹은 이를 SICK 견갑 증후군(scapular syndrome)이라고 하였다. 이러한 견갑 운동 장애는 체상 투구 운동 선수들에게서 다른 운동 선수에 비해 두 배 정도 높은 빈도에서 나타나는데²⁰, 기존 어깨 질환에 대한 이차적인 현상인지 혹은 독립적인 일차 병변인지는 아직 불분명하다. 견갑 흉곽 운동 이상이 관찰되면 추후 내적 충돌 증상 등을 일으킬 수 있어 조기에 치료를 시행하는 것이 추천된다. 관절와 상완 내회전 결손도 체상 투구 운동선수에서 흔히 볼 수 있는데 견관절의 지속적인 외전 및 외회전 동작으로 관절낭, 골 및 근육 등이 이차적인 변화를 일으켜 발생된다. 외회전 증가와 동시에 내회전 감소로 인해 관절 운동역학의 변화를 초래하는 일종의 이상 적응 현상이라고 할 수 있다. 변화된 관절 운동 역학 상태는 내적 충돌이나 관절와순 손상 발생에 영향을 미칠 수 있다²¹.

병력과 임상 검사

운동선수의 경우는 일반적 증상과 함께 운동력과 관련된 병력 조사가 중요하다. 어깨 통증은 주로 투구와 관련 있으며, 후방 관절면에 압통을 호소하고 후기 거상기에 통증이 악화된다^{11,22}. 운동력의 감소와 관련된 증상으로는 관절의 강직이 발생하여 준비 운동을 더 필요로 하게 되었다라든지, 예전에 비해 구속이나 제구력이 감소하였다면, 이는 견관절의 내적 충돌 증후군을 의심할 수 있는 주요 증상이다^{23,24}. 그 외에도 상완 골두의 골연골 병변, 골성 관절와 병변, 관절와순 파열, 회전근개 파열 및 전방 또는 후방 관절낭 손상 등 다양한 병변이 동반될 수 있으므로 환자의 자세한 병력 청취가 중요하다.

이학적 검사로 먼저 시진을 하여 전체적인 외형을 관찰한다. 우세 및 비우세측 근육 상태를 비교하고 근육축이 있는지를 관찰한다. 또한 견갑골의 위치, 대칭성 및 익상 견갑이나 견갑 흉곽 운동장애 유무를 평가해야 한다. 내적 충돌 증후군이 있는 선수들의 경우, 견갑골이 내회전 및 앞으로 기울어지면서 전방위치 상태에 있을 수 있다²⁵⁻²⁷.

견관절의 능동적 및 수동적 운동 범위 감소와 근력 약화 또한 내적 충돌 증후군 선수에서 양성 소견을 보인다. 특히 견관절의 내회전 운동범위의 감소와 외회전 운동범위의 증가가 특징적이다. 전체 회전 운동범위의 감소도 있을 수 있는데 반대측과 비교하여 5° 이상 감소 되었을 때 의미가 있으며, 관절와 상완 내회전 결손은 20°를 기준으로 정의한다²⁸. 회전근개 병변으로 인한 근력 약화는 심하지 않은 경우가 많으나, 극하근 부분 파열이 있는 경우가 흔하므로 세밀한 검사가 필요하다.

추가 검사로 불안정성, 충돌 검사 및 SLAP 병변에 대한 임상 검사를 시행한다. 미세 불안정성과 내적 충돌 증후군 환자에서는 고식적인 불안정성은 드물며, 적응성 이완으로 인한 운동 범위의 증가는 병적인 불안정성과 구분해야 한다는 점을 유념해야 한다. 검사자가 느끼는 이완성과 환자가 호소하는 불안감 또는 불안정성을 잘 감별하여야 한다. 불안정성 검사로 고식적인 전후방 불안정성 검사 및 원위치 검사를 시행한다. SLAP 병변에 대한 O'Brien 검사를 시행하고 고식적인 충돌 증후군 검사를 위해 Neer와 Hawkins검사를 시행한다²⁶.

증상이 있는 내적 충돌 증후군에서는 후방 관절와 상완 관절면의 압통과 외회전 운동 범위 증가 폭보다 큰 내회전 운동 범위의 제한을 볼 수 있으며, 전 운동 범위 또한 평균 10° 감소된다. Meister 등²⁹은 내적 충돌 증후군을 위한 후방 충돌 검사를 발표하였는데, 검사 방법은 견관절을 90°-110° 외전 상태에서 최대한 외회전했을 때 후방 관절낭 부위의 통증을 관찰하는 것이다. 양성인 경우 후방 회전근 힘줄 파열 및 후방 관절와 순의 파열을 의심해 볼 수 있다. 전방 불안정성 임상검사인 Jobe의 재위치 검사와 같은 위치에서 시행하지만 그 해석은 반대이다. 즉 상완 골두를 후방으로 밀었을 때 충돌로 인한 통증을 호소하고 전방으로 밀었을 때 통증이 소실되는 것을 양성으로 해석한다.

영상의학적 검사

기본적인 영상 검사로 견관절 전 후방, 액와 측면 사진 및 견갑골 측면 사진을 촬영하고, west point view, Stryker notch view 등을 추가로 촬영할 수 있다. 후하방 관절와 주위에 골화된 병변(Bennett lesion)이 관찰될 수 있으며², 상완 골두 대결절의 경화성 변화 또는 낭종이 보일 수 있다. 자기공명영상 검사는 관절주위 연부 조직에 대한 핵심적인 검사이다. 내적 충돌 증후군의 주 병변인 회전근 힘줄의 관절면 부위 부분 파열, 후상부 관절와순 파열을 잘 볼 수 있다(Fig. 2A)^{30,31}.



Fig. 2. (A) A coronal image of 37-year-old professional pitcher with a partial thickness articular side rotator cuff tear (arrow). (B) Bennett lesion (arrow), which is an ossification on the posteroinferior glenoid rim on an axial magnetic resonance image.

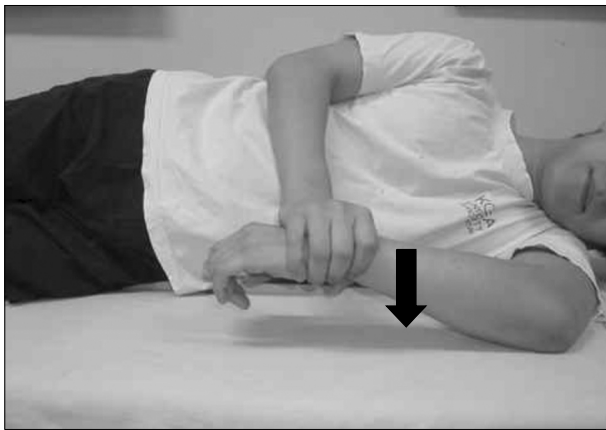


Fig. 3. Sleeper stretch. The patient lies on the side with the involved arm against the table and perpendicular to the body. The shoulder and elbow are flexed 90° and the patient push the forearm toward the table by using non-involved arm.

Bennett 병변과 하 관절와 상완 인대의 후방대 부위에 중등도 이상의 후방 관절낭 구축이 보일 수 있다(Fig. 2B). 후상방 관절와에 지속적인 압력이 가해 졌을 경우 특징적인 관절와 변화가 발생하는데 연골하골의 함몰과 함께 골극이 관찰되기도 한다. 그러나 이러한 병변이 반드시 증상과 일치하는 것은 아니므로 주의해야 한다.

치 료

증상이 있는 운동 선수들의 치료는 먼저 재활을 포함한 보존적 요법을 시행한다. 투구 시 경한 통증을 호소하는 초기에는 진통 소염제 등의 약물과 함께 휴식 등으로 호전되는

경우도 흔하다. 지속적인 후방 견관절 통증을 호소하면 4-6주 이상 운동을 중지하는 것이 좋으며 통증이 완화되면 후방 관절낭 스트레칭 운동을 병행한다. Burkhardt 등¹⁹은 테니스 선수를 대상으로 한 연구에서는 후방 관절낭 이완시키는 물리 치료만으로도 견관절의 내회전 증가와 견관절의 동통이 38% 감소되었다는 결과를 보고하였다. 불안정성을 동반한 경우에는 견관절의 안정성을 향상시키기 위한 회전근개와 견갑골 안정화 근육의 강화 운동이 필요하다. 관절와 상완 내회전 결손이 있는 경우 구축된 관절낭 및 근육에 대한 스트레칭이 효과적인데 sleeper 스트레칭 운동이 대표적이다^{19,32}. 침대에서 측와위로 누운 상태에서 견관절을 60°, 90° 및 120° 외전상태로 유지하면서 반대쪽 팔로 누르면서 스트레칭을 시킨다(Fig. 3). 이외에도 막대기나 수건을 이용한 등쪽에서의 스트레칭이나 교차내전운동도 효과적이다³³.

보존적 치료에도 불구하고 3-6개월 이후에도 증상이 지속 되면 수술적 치료를 고려할 수 있다^{11,22}. 불안정성의 정도와 함께 회전근 힘줄 파열, 후 상방 관절와순 파열 및 후방 관절낭 구축 등의 동반 병변에 대해 수술적 치료의 적응증이 되는지 신중히 확인한다. 수술 전 환자의 증상, 이학적 검사 및 영상 의학적 검사를 검토하여 최종적으로 시행한다. 마취 하에서 견관절의 운동범위, 이완의 방향 및 정도를 평가하여 강직 또는 불안정성을 재확인한다. 관절경을 통한 전제적인 진단 검사를 시행하는데 drive through 징후가 자주 관찰될 수 있다. 전방 관절와순과 관절낭, 회전근 간격, 상방 관절와순, 상완 이두건 장두와 부착부 및 회전근 힘줄의 관절면 등을 탐색침을 이용하여 확인한다. 견인을 풀고 견관절의 외전 및 외회전 상태에서 내적 충돌 현상이나 상부 관절와순의 peel back 기전 유무도 확인한다. 관절낭의 이완이 심하고 관절와순의 병변이

없는 경우 관절낭 중첩술을 시행할 수 있다¹¹. 상부 관절와순 파열의 경우 유형에 맞게 변연절제술, 절제술, 봉합 나사못을 이용한 봉합술 및 상완 이두근 장두 고정술을 시행한다(Fig. 4)^{25,34}. 회전근 힘줄 부분 파열은 두께의 50% 파열을 기준으로 변연절제술 또는 봉합술을 시행하는 것이 일반적이다. 최근에는 체상 투구 운동 선수에서 회전근개의 전방 강선이 유지되어 있다면 75% 부분파열까지 변연절제술을 시행하는 것을 권장하기도 한다^{35,36}. 부분 파열 봉합은 파열층만 봉합하는 경우와 전층 파열로 전환하여 봉합하는 기법이 있는데 붙어 있는 힘줄의 상태에 따라 결정하며 전층 파열 전환 시에는 이열 봉합술을 시행한다³⁷.

수술적 치료에 대한 결과는 다양하게 보고되고 있다. Sonnery-Cottet 등³⁸은 28명의 테니스 선수를 대상으로 시행한 관절경적 회전근 힘줄 변연절제술로 79%의 환자에서 주관적 만족을 했지만, 운동 복귀 후 91% 환자에서 통증의 재발이 있었다고 보고하였다. 이후로도 회전근 힘줄에 대한 변연절제술의 결과가 만족스럽지 못한 연구가 발표되었는데, 이에 대한 대안으로 일부 저자들은 전방 관절낭 이완 또는 미세 불안정성에 대한 수술적 치료를 시행하였다. Montgomery와 Jobe³⁹은 수영선수에서 관절경적 관절낭 중첩술을 시행하여 80%의 운동 복귀를 보고하였다. Levitz 등⁴⁰은 야구 선수에서 변연절제술군과 변연절제술과 열 피막 봉합술을 동시에 시행한 두 군을 비교하였는데, 열 피막 봉합술을 시행한 군에서 변연절제술만 시행한 군보다 더 높은 운동 복귀(90% vs. 67%)를 보고하였다. 하지만 열 피막 봉합술군에서 최종 추시 시 평균 7°의 외회전 감소가 관찰되었다고 보고하였다. 열 손상에 대한 부작용이 보고되면서 최근에는 관절경적 봉합을 이용한 관절낭 중첩술이 더 많이 시행되고 있다⁴¹. 상부 관절와순 파열에 대한 수술적 치료의 결과 또한 다양하게 보고되었다. 하지만

진단부터 수술적 적응까지 비교적 일관되지 못한 기준으로 시행되는 것이 현실이다. 특히 야구 투수에서 SLAP병변 2형에 대한 관절경적 봉합술의 결과는 여전히 낮은 운동 복귀율과 손상전과 비교하여 저조한 성적을 보고하고 있다⁴². 다른 대안으로 일부 저자들은 상완 이두 장두건 고정술이 좋은 결과를 보인다고 보고하고 있지만⁴³, 젊은 운동 선수에서는 건 고정술 또는 건 절단술을 시행하는 것은 여전히 논란이 있을 수 있다. 한편, 관절와 상완 내회전 결손에 대한 수술적 치료는 대부분 필요하지 않으나 4-6 주의 치료에도 전혀 호전이 없는 경우에 동반 병변 수술 시 후방 관절낭을 유리하는 술식을 시행할 수 있다^{19,28}.

수술 후 재활은 진단 및 수술 내용, 개인의 특성에 따라 개별적으로 시행한다. 크게 관절 운동, 근력 및 신경 근육 조절로 나눌 수 있다^{27,44}. 수술 직후부터 제한된 수동적 운동을 시행할 수 있는데 지나친 외회전, 신전 및 전방 거상은 주의한다. 외회전은 수술 후 약 6주까지 75°, 8주까지 90°를 목표로 진행하며 투수들의 경우에는 12주 115°까지 진행할 수도 있다. 등장성 및 등척성 근육 운동도 수술 후 1주부터 시행하며 점차로 강도를 높이고 수술 후 5주에는 회전근과 견갑근육을 운동을 완전히 허용한다. 수술 후 12주부터는 환자의 증상을 고려하면서 최대의 근육운동을 시행할 수 있으며 수술 후 4개월부터 투구 동작을 허용하여 수술 후 9-12개월에 완전한 체상 투구 운동 복귀를 목표로 한다²⁷.

결 론

체상 투구 운동 선수는 반복적인 투구와 과도한 외회전으로 견관절의 손상 가능성이 높다. 고식적인 불안정성과 달리 미세 불안정성이 주로 관찰되는데, 체상 투구 동작과 관련된 신체적

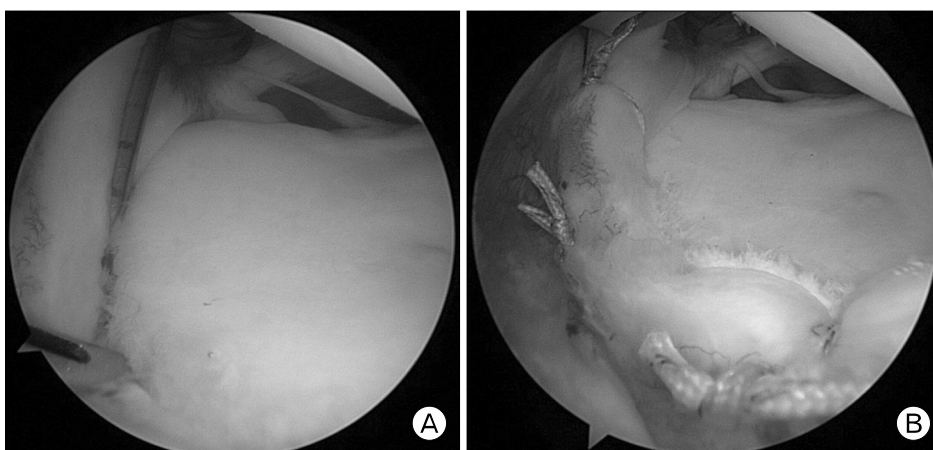


Fig. 4. Type 2B (posterior sub-type) SLAP (superior labrum anterior to posterior) tear and repair (A) with suture anchors (B).

특징을 이해하고 이를 바탕으로 연관 병변을 해석하는 것이 필요하다. 회전근 힘줄 손상, 관절와순 파열 및 내적 충돌 증후군의 동반 병변 가능성을 염두에 두고 병력 청취, 이학적 검사 및 영상의학적 검사를 통한 적절한 진단이 필요하다. 높은 빈도의 관절와 상완 내회전 결손에 대한 내회전 증가를 위한 스트레칭 운동은 중요하고 효과적인 치료법이며 관절 손상의 예방에도 효과적이다. 수술적 치료는 신중해야 되며 동반 병변에 대한 관절경적 진단과 함께 시행되는 것이 바람직하다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- Rowe CR. Recurrent transient anterior subluxation of the shoulder: the "dead arm" syndrome. *Clin Orthop Relat Res* 1987;(223):11-9.
- Bennett GE. Baseball and other athletic injuries. *Med Times* 1959;87:302-4.
- Tibone JE, Jobe FW, Kerlan RK, et al. Shoulder impingement syndrome in athletes treated by an anterior acromioplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1985;(198):134-40.
- Perry J. Anatomy and biomechanics of the shoulder in throwing, swimming, gymnastics, and tennis. *Clin Sports Med* 1983;2: 247-70.
- Tibone JE, Elrod B, Jobe FW, et al. Surgical treatment of tears of the rotator cuff in athletes. *J Bone Joint Surg Am* 1986;68:887-91.
- Andrews JR, Carson WG Jr, McLeod WD. Glenoid labrum tears related to the long head of the biceps. *Am J Sports Med* 1985;13:337-41.
- Garth WP Jr, Allman FL Jr, Armstrong WS. Occult anterior subluxations of the shoulder in noncontact sports. *Am J Sports Med* 1987;15:579-85.
- Walch G, Boileau P, Noel E, Donell ST. Impingement of the deep surface of the supraspinatus tendon on the postero-superior glenoid rim: an arthroscopic study. *J Shoulder Elbow Surg* 1992;1:238-45.
- Burkhart SS, Morgan C. SLAP lesions in the overhead athlete. *Orthop Clin North Am* 2001;32:431-41.
- Castagna A, Nordenson U, Garofalo R, Karlsson J. Minor shoulder instability. *Arthroscopy* 2007;23:211-5.
- Chambers L, Altchek DW. Microinstability and internal impingement in overhead athletes. *Clin Sports Med* 2013;32: 697-707.
- Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology part I: pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy* 2003;19:404-20.
- Bigliani LU, Codd TP, Connor PM, Levine WN, Littlefield MA, Hershon SJ. Shoulder motion and laxity in the professional baseball player. *Am J Sports Med* 1997;25:609-13.
- Jobe FW, Kvitne RS, Giangarra CE. Shoulder pain in the overhand or throwing athlete: the relationship of anterior instability and rotator cuff impingement. *Orthop Rev* 1989;18: 963-75.
- Grossman MG, Tibone JE, McGarry MH, Schneider DJ, Veneziani S, Lee TQ. A cadaveric model of the throwing shoulder: a possible etiology of superior labrum anterior-to-posterior lesions. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:824-31.
- Burkhart SS, Lo IK. The cam effect of the proximal humerus: its role in the production of relative capsular redundancy of the shoulder. *Arthroscopy* 2007;23:241-6.
- Jobe FW, Giangarra CE, Kvitne RS, Glousman RE. Anterior capsulolabral reconstruction of the shoulder in athletes in overhand sports. *Am J Sports Med* 1991;19:428-34.
- Halbrecht JL, Tirman P, Atkin D. Internal impingement of the shoulder: comparison of findings between the throwing and nonthrowing shoulders of college baseball players. *Arthroscopy* 1999;15:253-8.
- Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology part III: the SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. *Arthroscopy* 2003;19:641-61.
- Burn MB, McCulloch PC, Lintner DM, Liberman SR, Harris JD. Prevalence of scapular dyskinesis in overhead and nonoverhead athletes: a systematic review. *Orthop J Sports Med* 2016;4:2325967115627608.
- Kibler WB, Thomas SJ. Pathomechanics of the throwing shoulder. *Sports Med Arthrosc Rev* 2012;20:22-9.
- Spiegl UJ, Warth RJ, Millett PJ. Symptomatic internal impingement of the shoulder in overhead athletes. *Sports Med Arthrosc Rev* 2014;22:120-9.
- Cools AM, Cambier D, Witvrouw EE. Screening the athlete's shoulder for impingement symptoms: a clinical reasoning algorithm for early detection of shoulder pathology. *Br J Sports Med* 2008;42:628-35.
- Davidson PA, Elattrache NS, Jobe CM, Jobe FW. Rotator cuff and posterior-superior glenoid labrum injury associated with increased glenohumeral motion: a new site of impinge-

- ment. *J Shoulder Elbow Surg* 1995;4:384-90.
25. Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology. Part II: evaluation and treatment of SLAP lesions in throwers. *Arthroscopy* 2003;19: 531-9.
26. McFarland EG, Tanaka MJ, Papp DF. Examination of the shoulder in the overhead and throwing athlete. *Clin Sports Med* 2008;27:553-78.
27. Reinold MM, Curtis AS. Microinstability of the shoulder in the overhead athlete. *Int J Sports Phys Ther* 2013;8:601-16.
28. Kibler WB, Sciascia A, Thomas SJ. Glenohumeral internal rotation deficit: pathogenesis and response to acute throwing. *Sports Med Arthrosc Rev* 2012;20:34-8.
29. Meister K, Buckley B, Batts J. The posterior impingement sign: diagnosis of rotator cuff and posterior labral tears secondary to internal impingement in overhand athletes. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 2004;33:412-5.
30. Chang EY, Fliszar E, Chung CB. Superior labrum anterior and posterior lesions and microinstability. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2012;20:277-94.
31. Mistry A, Campbell RS. Microinstability and internal impingement of the shoulder. *Semin Musculoskelet Radiol* 2015;19: 277-83.
32. Davies GJ, Dickoff-Hoffman S. Neuromuscular testing and rehabilitation of the shoulder complex. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993;18:449-58.
33. Lintner D, Mayol M, Uzodinma O, Jones R, Labossiere D. Glenohumeral internal rotation deficits in professional pitchers enrolled in an internal rotation stretching program. *Am J Sports Med* 2007;35:617-21.
34. Sayde WM, Cohen SB, Ciccotti MG, Dodson CC. Return to play after type II superior labral anterior-posterior lesion repairs in athletes: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res* 2012; 470:1595-600.
35. Reynolds SB, Dugas JR, Cain EL, McMichael CS, Andrews JR. Debridement of small partial-thickness rotator cuff tears in elite overhead throwers. *Clin Orthop Relat Res* 2008;466: 614-21.
36. Shaffer B, Huttman D. Rotator cuff tears in the throwing athlete. *Sports Med Arthrosc Rev* 2014;22:101-9.
37. Liem D, Lichtenberg S, Magosch P, Habermeyer P. Arthroscopic rotator cuff repair in overhead-throwing athletes. *Am J Sports Med* 2008;36:1317-22.
38. Sonnery-Cottet B, Edwards TB, Noel E, Walch G. Results of arthroscopic treatment of posterolateral glenoid impingement in tennis players. *Am J Sports Med* 2002;30:227-32.
39. Montgomery WH 3rd, Jobe FW. Functional outcomes in athletes after modified anterior capsulolabral reconstruction. *Am J Sports Med* 1994;22:352-8.
40. Levitz CL, Dugas J, Andrews JR. The use of arthroscopic thermal capsulorrhaphy to treat internal impingement in baseball players. *Arthroscopy* 2001;17:573-7.
41. D'Alessandro DF, Bradley JP, Fleischli JE, Connor PM. Prospective evaluation of thermal capsulorrhaphy for shoulder instability: indications and results, two- to five-year follow-up. *Am J Sports Med* 2004;32:21-33.
42. Fedorow WW, Ramkumar P, McCulloch PC, Lintner DM. Return to play after treatment of superior labral tears in professional baseball players. *Am J Sports Med* 2014;42: 1155-60.
43. Boileau P, Parratte S, Chuinard C, Roussanne Y, Shia D, Bicknell R. Arthroscopic treatment of isolated type II SLAP lesions: biceps tenodesis as an alternative to reinsertion. *Am J Sports Med* 2009;37:929-36.
44. Wilk KE, Macrina LC. Nonoperative and postoperative rehabilitation for injuries of the throwing shoulder. *Sports Med Arthrosc Rev* 2014;22:137-50.