

Scapula in Throwing Athletes

대구가톨릭대학병원 정형외과

최창혁

서론

견관절의 운동은 관절와상완관절, 견갑흉곽관절, 견봉쇄골관절 및 흉쇄관절의 조화로운 작용에 의해 일어나게 되며, 이중 어느 한 관절의 장애는 다른 관절의 작용에 영향을 미치게 되고 그 결과 전체적인 견관절운동이 부자연스럽게 되거나 근력, 지구력 그리고 운동범위 등의 감소를 초래하기도 한다. 이중 견갑골의 운동은 관절와 상완관절 운동의 안정적인 기저를 제공해 주며, 견갑근육 운동은 견관절 재활에 있어서 중요한 부분을 차지한다.

과도한 투구에 의해(overthrowing)에 의해 근육이나 관절주위조직에 미세 손상이 축적되어 견관절의 기능이상일 수 있으며, 이 때 견갑골 운동 기전의 이상은 내적 및 외적 충돌증후군, SLAP 병변 및 견갑 운동 장애(scapular dyskinesis)등의 원인이 된다.

투구단계 및 생역학(Throwing phase & Biomechanics of the throwing)

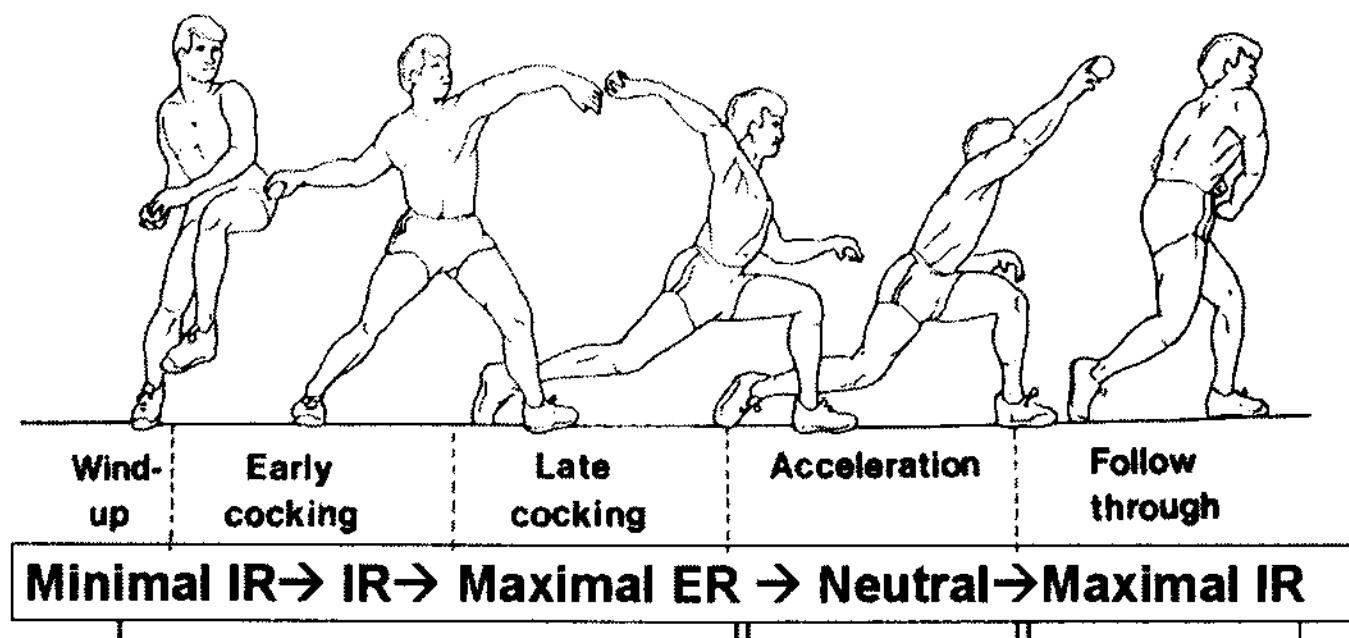


Fig. 1. The five phase of pitching a baseball

투구단계는 준비기(windup), 조기 거상기(early cocking), 후기 거상기(late cocking), 가속기(acceleration), 감속기(deceleration) 및 투구 후기(follow-throw)의 단계를 거치며 전체동작은 2초 이내에 이루어지게 된다. 준비기는 어깨근육의 동작 및 스트레스를 최소로 한 상태에서 이루어지게 된다. 조기 거상기는 90도의 외전과 15도의 수평 외전으로 최소한의 부하가 걸리는 자세이며, 초기에는 삼각근이 후기에는 상견갑근, 하견갑근 그리고 소원근 등이 작용하게 된다. 후기 거상기는 앞발이 땅에 닿은 후 부터 최대한의 외회전을 할 때 까지이며 정상관절에서는 상완골두가 후방전위 된다. 가속기는 공을 놓는 시기

까지이며 이때 편심성수축(eccentric contracture) 근육과 동심성수축(concentric contracture) 근육의 작용이 바뀌게 된다. 투구 후기는 감속기와 구분하기도 한다. 감속기는 투구단계 중 관절에 걸리는 부하가 가장 큰 시기이며 공을 놓은 후 상완골의 회전이 0도로 돌아오는 시기까지이며 투구 후기의 rebalancing phase로 투구주기(throwing cycle)가 끝나게 된다(Fig. 1)^{8,14,17}.

투구 동작 시 우세팔은 비우세팔에 비해 외회전력은 약하나 내회전 및 내전력이 강한 근력을 보이게 되며¹²⁾ 편심성 수축근군의 근력이 동심성 수축근군의 근력에 비해 10 내지 15% 증가된 양상을 보인다^{18,23)}. 투구운동으로 인한 적응성 변화는 우세 팔의 비후와 함께 내회전 범위는 작아지고 외회전이 증가되는 양상으로 나타나게 된다. 일반적으로 외회전의 증가에 비해 내회전의 감소가 두드러져서, 투구경력이 오래 될수록 전체적으로는 운동범위의 감소를 보이는 경우가 많은 것으로 보고되고 있다^{2,3)}. Crockett 등⁶⁾은 성공적인 프로 야구 투수들에게서 볼 수 있는 과도한 외 회전의 증가는 반복적인 자극에 대한 상완골 성장의 적응 변화로 인한 것이며, 운동시 적절한 사용과 과사용을 잘 조절하여 유지 함으로써 투수의 기량을 안전하고도 성공적으로 향상시킬 수 있다고 하였다.

견갑골의 해부 및 생역학(Anatomy & biomechanics of scapula)

견관절 기능에 있어 견갑골의 기능은 관절와 상완관절운동으로 대표되는 견관절운동의 안정적인 기저를 제공하여 특히 투구운동 시 회전근 개가 적절하게 작용할 수 있도록 해주며, 이는 견갑흉곽 관절의 정적 및 동적 안정성을 통해 이루어 진다. 정적 안정성은 견갑골의 해부학적인 구조 및 인대등의 역할로 이루어진다. 견갑골은 전방으로 약 30도 회전 및 20도의 전방 경사되어 있으며 하각(inferior pole)이 약 3도 벌어져 있다. 또한 관절 와는 후방으로 7도, 상방으로 약 5도의 경사를 이루고 있어 30~40도 후방경사된 상완골 두와 안정적으로 위치해 있으며, 견봉 쇄골인대 및 오구 견봉인대로 이루어 지는 관절운동을 통해 쇄골의 회전 및 상방운동이 가능하며, 이를 통해 120도 이상의 견관절 거상운동을 용이하게 할 수 있다. 동적 안정성은 견갑골에 부착하는 17개의 근육으로 구성되며 이는 scapulothoracic muscle group, rotator cuff muscle group, 그리고 scapulohumeral muscle group으로 이루어 져 있다. 각각의 근육들이 서로 협조하여 작용함으로써 이루어지는 견갑흉곽관절의 위치와 운동은 크게 4가지 방향으로써, 거상과 저하(elevation/depression), 돌출과 후퇴(protraction/retraction), 회전(rotation), 전후방 경사(anterior posterior tilt)이다.

거상은 상위 승모근(superior trapezius), 견갑거근(levator scapula), 그리고 능형근(rhomboids) 작용 및 소 흉근(pectoralis minor), 하위 승모근(inferior trapezius), 전 거근(serratus anterior)등의 반작용에 의하며, 저하는 그 반대방향으로 힘이 가해져서 이루어진다. 돌출은 주로 전 거근 및 흉근(pectoralis muscle)등에 의하며, 후퇴는 중위 승모근(middle trapezius), 능형근(rhomboids)등에 의하여 일어나게 된다. 상방회전은 승모근 및 전 거근의 작용에 의하며, 하방 회전은 소 흉근, 능형근 및 광배근등의 작용에 의한다.

이러한 동적 안정력의 작용에 의해서, 팔을 거상할 때 견갑골의 움직임은 상방으로 60도의 회전과 함께, 바깥쪽으로 15 cm, 상방으로 10 내지 12 cm의 이동을 하게 된다. 이때 견갑골의 회전은 외전 방향 뿐만 아니라, 전 후방 방향으로도 이루어지며, 첫 90도의 외전 시 앞쪽으로 6도를 회전하며, 90도 이상의 외전 시에는 후방으로 16도 정도의 회전을 하게 된다. 이 때 견갑골 회전의 중심점은(center of rotation)은 외전 초기에는 하방에 위치하나, 60도 이상의 거상 시 관절 와 쪽으로 움직여 저서 보다 안정적인 위치를

취하게 된다. 기능적인 상지의 운동을 위해서는 견갑골 회전 중심 및 관절의 안정성이 잘 유지된 상태에서 운동이 되어야 하며, 볼 소켓관절을 형성하는 관절와 상완관절 운동 뿐만 아니라, 견갑 흉곽 관절과의 균형있는 운동이 무엇보다 중요하며 여러 학자들 사이의 연구에 차이는 있지만, 관절와 상완관절과 견갑 흉곽 관절의 운동비는 초기에는 주로 관절와 상완관절에서 운동이 이루어지며, 차차 견갑 흉곽 관절의 운동비가 커져 전체적으로 2:1정도를 이루게 된다¹⁵⁾.

견갑골의 신체검사 (Physical examination of scapula)

견갑골의 검사는 환자의 후면에서 하게 되며 팔을 3 내지 5회 들고 내리며 동적인 견갑골운동 상태를 확인하여 근력약화 부위와, 운동 이상 양상(dyskinetic pattern)을 파악할 수 있다.

견갑골 보조 검사 (scapular assistance test)는 피검사자가 상지를 거상할 경우 검사자가 상부회전 및 후경사를 보조하여 주는 것으로써, 전거근과 하부 승모근의 활동을 보조해 주는 것이며 통증이 호전되고 운동 범위가 증가되면 양성이다.

견갑골 후퇴 검사(scapular retraction test)는 피검사자가 상지를 거상하거나 외회전을 한 상태에서 검사자가 견갑골의 내측 가장 자리를 후퇴 상태(retracted position)에서 안정화 할 경우 극상근 근력이 증가하고 충돌 징후가 사라지면 양성이다.

견갑골의 외측 활주 측정(scapula lateral slide measurement) 견갑골의 비대칭성을 측정하는데 이용되며, 견갑골 안정화 근육들의 위약을 확인할 수 있다. 팔을 80도에서 90도까지 외전 후 최대 내회전한 상태에서 견갑골하각(scapular tip)과 가장 가까운 척추 극돌기까지의 거리를 측정한다. 양측 거리가 1.5 cm 이상 차이가 날 경우 과도한 견갑 내회전이 있는 것으로 판단할 수 있다.

관절와상완 내회전 제한(glenohumeral internal rotation deficit, GIRD)은 견갑골을 안정

시킨 후 팔을 견갑면을 따라 90도 외전한 상태에서 측정한다. 양쪽 팔의 각도를 측정하여 25도 이상의 차이가 있거나, 증상이 있는 쪽의 측정치가 25도 이하일 경우 양성이다¹⁵⁾.

Scapula in Throwing Dysfunction

투구 운동 시 정상적인 견관절 기능을 위해서는 상완골 두가 관절와에 안정적으로 유지되어야 하며, 효율적인 견갑상완운동 리듬(scapulohumeral rhythm)을 유지할 수 있어야 한다. 과도한 투구에 의해(overthrowing)에 의해 근육이나 관절주위조직에 미세 손상이 축적되어 견관절의 기능 이상이 올 수 있으며, 이 때 견갑골 운동 기전의 이상은 내적 및 외적 충돌증후군, SLAP 병변 및 견갑 운동 장애(scapular dyskinesia)등의 원인이 된다.

견갑운동이상이 외적 충돌증후군의 유발원인이 될 수 있으며, Graichen 등은 배부 견갑안정근(dorsal scapular stabilizer)의 약화 및 소흉근, 이두 건 소두의 긴장이 증가될 경우 견갑골의 돌출(protraction)을 야기하며, 이로 인해 견갑골의 전방경사가 증가되고 견봉이 보다 수평위치를 취하게 되어, 오구견봉궁의 천장이 낮아져 극상 견 출구 공간(supraspinatus outlet space)을 감소시킨다고 하였다^{9,10)}.

후 상방 관절순과 상완골두 사이에서 회전근 개의 하부가 끼이는 내적 충돌증후군은 투구 운동선수의 미세불안정성(microinstability)이 유발 원인으로 알려졌으나^{7,12,13,16)}, 최근에는 견관절의 가이완성(pseudolaxity) 및 후방관절순 구축으로 인한 관절와상완 내회전 제한(glenohumeral internal rotation

deficit, GIRD)이 주 원인이 되는 것으로 알려지고 있다⁹⁾. 반복적인 투구 동작 시 후속기(follow-through)에 후하방 관절낭에 가해지는 신연력은 750 N(체중의 약 80%)에 달하며, 반복적인 충격으로 인해 관절낭의 비후와 구축이 유발되고 이로 인해 관절와상완 접촉점(glenohumeral contact point)의 후상방전위가 발생하게 된다. 이러한 현상은 상대적으로 전방관절낭의 가이완성(pseudolaxity)을 유발하게 되며, 상완 거상 시 내적충돌점의 지연과 함께 상완이 과외회전하게 된다. 그러나 내적 충돌로 인한 압박 자체는 투구 동작 시 과외회전을 막는 정상적인 현상이며, 이러한 내적충돌의 소실이 병적인 현상이므로써, 이때 과외회전(hyperexternal rotation) 및 과꼬임(hypertwist)등으로 인한 회전근 개의 손상이 유발되어 마비상완징후를 보이게 된다. 투구 운동선수에게서 보이는 외회전의 증가는 전방 관절순의 이완성 증가로 인한 것으로 알려지고 있으며, 최근에는 반복적인 투구로 인해 상완 후경(humeral retrotorsion)의 적응성 증가(osseous adaptation)가 원인이 될 수 있다고 보고되고 있다²¹⁾. Pieper 등²⁰⁾은 견관절의 이상을 호소하는 선수에 비해 증상이 없는 운동선수에게서 상완 후경의 증가가 두드러졌으며, 후경이 없거나 감소되어 있을 경우 내적 충돌증후를 유발할 수 있다고 하였다. Kibler 등¹⁵⁾은 견갑골의 내회전 및 돌출이 증가되는 견갑골운동이상으로 인해 관절 와의 전방경사가 증가되며, 이로 인해 내적 충돌증후를 유발될 수 있다고 하였다. Walch 등²⁴⁾과 Riand 등²²⁾은 호전되지 않는 내적 충돌증후군에 대해 상완골의 회전 절골술을 시도하기도 하였다.

SLAP 병변은 일반적으로 전방 불안정성과 연관이 있는 것으로 알려지고 있으나, Burkhart 등은 일차적 불안정성과는 관계가 없다고 하였으며, 후방관절낭의 구축이 원인이 되어 관절와상완접촉점을 후상방으로 이동시켜 투구동작 시 박피현상(peel-back phenomenon)을 증가시켜 SLAP 병변을 유발한다고 하였다^{1,4,19,21)}. SLAP 병변의 치료에 있어 상부관절순 환의 파열(disruption of labral ring)은 견관절의 가이완성을 증가시키게 되므로 SLAP 병변을 복원할 경우 가이완성을 없앨 수 있다고 하였으며, 또한 후방관절낭의 구축은 박피현상을 악화시키게 되므로 지속적인 후방 신장운동이 중요하며, 보존적 치료에 반응하지 않을 경우 후방관절낭 이완술을 시행할 수도 있다²¹⁾.

견갑상완운동에 있어 견갑골의 후퇴(retraction)는 가장 중요한 요소이며, 견갑 운동이상(scapular dyskinesia)는 견갑골의 후퇴 및 외회전운동 조절의 실조로 인해 내회전 및 돌출이 유발되어 발생한다. 임상적으로 운동 시나 휴식 시 내측연의 돌출(prominence of medial border)이 저명하게 나타나며, 원인은 견갑골 주위 근육 이상으로 인한 근위요소(proximal factor)와 견봉쇄골관절과 관절와 상완관절의 병변으로 인한 하위요소(distal factor)로 나눌 수 있다. 근육의 불유연성(inflexibility), 약화(weakness), 피로(fatigue), 혹은 신경손상(nerve injury)등 근위요소는 인한 견갑운동 이상은 재활치료를 주로 시행하며, 견관절불안정성이나 회전근 개의 손상등 하위요소로 인해 견갑상완운동 리듬의 변화를 유발하였을 경우 수술적 치료 후 재활치료를 시행함으로써 좋은 결과를 얻을 수 있다. Glousman 등⁸⁾은 견관절 불안정 시 전거근 activation의 이상을 볼 수 있다고 하였으며, Warner 등²⁵⁾에 의하면 충돌증후군환자의 100%에서, Burkhart 등⁹⁾은 상부관절순의 파열 시 94%의 환자에게서 견갑 운동 이상 소견을 볼 수 있다고 하였다.

치 료

견갑 운동 이상의 치료는 원인이 되는 근위요소 및 하위요소에 대한 보존적 및 수술적 치료후 견갑운동학을 정상으로 회복시키기 위한 재활치료를 시행하는 것이다. 재활치료 단계는 먼저 유연성을 회복시키고, 견갑골 주위근육의 근력강화 후 회전근 개 근력 강화 운동을 시행하게 된다. 유연성을 회복시키기 위

한 운동으로 sleeper stretches는 관절와상완 내회전 제한 (GIRD)을 호전시키는데 좋은 방법이며, open book stretch운동은 오구돌기에 관계된 유연성 저하를 호전시키는데 도움이 된다. 그 외에 체간등의 전반적인 유연성 강화운동을 추가한다. 견갑골 주위근육의 강화운동은 먼저 상체와 고관절주위근육의 동반 강화운동 후 시행하며, 약한 견갑골 주위근육에 대한 조기 단독운동은 피해야 한다. 운동 방법은 고관절 및 상체의 신전 및 견갑 후퇴운동(Lawn mower pulls), 견갑 파악(scapular pinch)운동 및 Low row 운동(체간 신전, 견갑골 후퇴 및 상완신전)등을 포함하여야 한다. 회전근 개 근력강화운동은 상완골 두 저하(impaction) 및 관절와상완관절 오목압박(concavity/compression)기전 회복에 핵심적인 요소이며 안정적인 견갑골 및 짝힘이 유지된 상태에서 견관절 기능을 최대한 회복 시킬 수 있다. 운동 방법은 닫힌고리기전(closedchain)에서 열린고리기전(open chain)의 운동을 시행하며, 수평방향에서 수직 및 대각선 방향으로 시행하며, 낮은 속도에서 빠른 속도로 시행한다¹⁵⁾.

요 약

투구운동은 견관절에 반복적인 압박력 및 신장력을 가하게 되며, 이는 견관절의 정적 안정력의 약화를 유발하게 된다. 초기의 경도의 불안정성은 근육 등 동적 안정력의 작용으로 안정적인 운동상태를 유지할 수 있으나, 반복적인 운동이 지속될 경우 근육이 피로해 저서 동적 안정력의 보상작용을 통한 안정성을 얻을 수 없게 된다. 이는 일차적으로 견관절의 불안정성을 유발할 뿐만 아니라, 이차적으로 견봉하충돌증후 및 내적충돌증후 등의 증상을 나타내기도 한다. 과 투구로 인한 대부분의 운동손상은 보존적 치료로 좋은 결과를 볼 수 있으며, 이는 일차적으로 투구를 중지하여 관절을 안정시키며 진통 소염제나 물리치료 등을 통한 항 염증치료, 그리고 회전근개 및 견갑골주위근육의 강화운동 등의 단계로 진행된다. 적절한 보존적 치료에도 불구하고 증상이 지속될 경우 정확한 진단에 근거한 수술적 치료 및 조절된 재활운동 프로그램을 통해 조기 운동 복귀를 기대할 수 있다.

REFERENCES

1. Bey MJ, Elders GJ, Huston LJ, Kuhn JE, Blaster RB, and Soslowsky LJ: The mechanism of creation of SLAP lesions in a dynamic biomechanical model of the shoulder: The role of inferior subluxation. *J Shoulder Elbow surg*, 7;397-401, 1998.
2. Bigliani LU, Codd TP, Connor PM, et al: Shoulder motion and laxity in the professional baseball player. *Am J Sports Med* 25:609-613, 1997.
3. Brown LP, Niehues SL, Harrah A, et al: Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in major league baseball players. *Am J Sports Med* 16:577-585, 1988.
4. Burkhart SS, and Morgan CD: The Peel-back mechanism: Its role in producing and extending posterior Type II SLAP lesions and its effect on SLAP repair rehabilitation. *Arthroscopy*, 14:637-640, 1998.
5. Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB: The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology: Part I. Pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy*, 19:404-420, 2003.
6. Crockett HC, Gross LB and Wilk KE: Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* 30:20-26, 2002.

7. Davidson PA, Eltrache NS, Jobe CM, and Jobe FW: Rotator cuff and posterior-superior glenoid labrum injury associated with increased glenohumeral motion: A new site of impingement. *J Shoulder Elbow Surg*, 4:384-90, 1995.
8. Glousman RE, Jobe FW, Tibone JE, Moynes D, Antonelli D and Perry J: Dynamic EMG analysis of the throwing shoulder with glenohumeral instability. *J Bone Joint Surg*. 70-A:220-226, 1988.
9. Goldberg SS, Bigliani LU: Shoulder impingement revisited: Advanced concepts of pathomechanics and treatment. *ICL*, 55:17-27, 2006.
10. Graichen H, Stammberger T, Bonel H, et al: Three dimensional analysis of shoulder girdle and supraspinatus motion pattern in patient with impingement syndrome. *J Orthop Res*, 19:1192-1198, 2001.
11. Halbrecht JL, Tirman P, and Atkin D: Internal impingement of the shoulder: Comparison of findings between the throwing and nonthrowing shoulders of college baseball players. *Arthroscopy*, 15:253-258, 1999.
12. Hinton RY: Isokinetic evaluation of shoulder rotational strength in high school baseball pitchers. *Am J Sports Med* 16:274-279, 1988.
13. Jobe CM: Superior glenoid impingement. *Clin Orthop*, 330:98-107, 1996
14. Jobe FW, Myones DR, Tibone JE and Perry J: An EMG analysis of the shoulder in pitching: a second report. *Am J Sports Med* 12:218, 1984.
15. Kibler WB: Scapular involvement in impingement: Signs and symptoms. *ICL*, 55:35-43, 2006.
16. Kvitne RS and Jobe FW: The diagnosis and treatment of anterior instability in the throwing athlete. *Clin Orthop*. 291:107-123, 1993.
17. Meister K: Injuries to the shoulder in the throwing Athlete. Part one: Biomechanics/pathophysiology/classification of injury. *Am J Sports Med*, 28:265-275, 2000.
18. Mikesky AE, Edwards JE , Wigglesworth JK et al: Eccentric and concentric strength of the shoulder and arm musculature in collegiate baseball pitchers. *Am J Sports Med* 23:638-642, 1995.
19. Morgan CD, Burkhart SS, Palmeri M and Gillespie M: Type II SLAP lesions: Three subtypes and their relationships to superior instability and rotator cuff tears. *Arthroscopy*, 14:553-565, 1998.
20. Pieper HG: Humeral torsion in the throwing in the throwing arm of handball players. *Am J Sports Med*,26:247-253, 1998.
21. Ramappa AJ, Hawkins RJ, Suri M: Shoulder disorders in the overhead athlete. *ICL*, 56:35-43, 2007.
22. Riand N, levigne C, Renaud E, Walch G: Results of derotational humeral osteotomy in posterosuperior glenoid impingement. *Am J Sports Med*, 15:253-258, 1998.
23. Sirota SC, Malanga GA, Eischen JJ, et al: An eccentric and concentric strength profile of shoulder external and internal rotator muscles in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* 25:59-64, 1997
24. Walch G, Boileau P, Noel E, and Donell ST: Impingement of the deep surface of the supraspinatus tendon on the posterosuperior glenoid rim: An arthroscopic study. *J Shoulder Elbow Surg*, 1:238-45, 1992.
25. Warner JJ, Micheli LJ, Arslenian LE, et al: Scapulohumeral motion in normal shoulders and in shoulder with glenohumeral instability and impingement syndrome: A study using Moire tomographic analysis. *Clin Orthop*, 285:191-199, 1992.