

견갑와-상완 관절 불안정격 병태생리와 분류 Pathophysiology & Classification of Glenohumeral Instability

대구가톨릭대학교 의과대학 정형외과학교실

최 창 혁

견관절은 정적요소 및 동적요소의 조화로 안정성을 유지하게 되며, 견관절의 불안정성에 대한 치료는 불안정성을 유발하는 병적요소뿐만 아니라, 안정성에 관계하는 모든 요소에 대한 정확한 이해가 필요하다^{4, 8, 17, 18)}. 관절와상완인대는 운동최대범위에서 과도한 회전이나 전위를 막아주는 check rein 역할을 하게 되며, 수술 시 관절낭과 인대조직의 과도한 긴장봉합은 운동범위를 제한하게 되므로 주의해야 한다. 반면에 관절탈구 시에는 관절순의 손상 뿐만 아니라 관절낭의 이완도 동반되므로(Fig. 1.), Bankart repair 시 어느 정도의 관절낭전위를 고려해야 한다. 중간범위의 운동 시에는 회전근 개의 수축에 의한 관절압박이 관절안정성에 중요하므로 회전근 개의 강화운동이 필요하다.

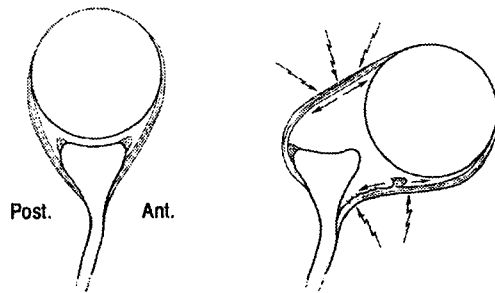


Fig. 1. Circle concept of shoulder instability

관절안정 요소

1. 정적안정성(static restraints)

견관절은 견갑골, 쇄골, 그리고 상완골로 구성되며 견갑흉곽관절과 관절와상완관절의 조화된 운동이 정상적인 견관절 기능에 필수적인 요소이다.

1) 관절 경각(version) (Fig 2.)

안정 시 견갑골은 흉곽에 대해 30도 전방을 향하고 있으며²³⁾, 횡단면에서 상방으로 3도 경사

를 이루고, 시상면에서는 20도 전방을 향하고 있다. Saha등에 의하면 관절와의 방향은 다양하게 나타나며, 75%에서는 후염(retroversion), 25%에서는 2~10도의 전염(anteversion)을 보이며, 평균 5도의 상방경사를 보인다고 하였다³¹⁾. 이러한 관절와의 과도한 전염 및 후염은 전방 및 후방불안정성을 유발할 수 있다. 상완골의 경간각은 평균 130~140도이며 30도의 후염을 보이며, Kronberg등¹⁶⁾은 재발성전방불안정성 환자에서 정상인에 비해 상완골의 후염각의 감소를 보인다고 하였다.

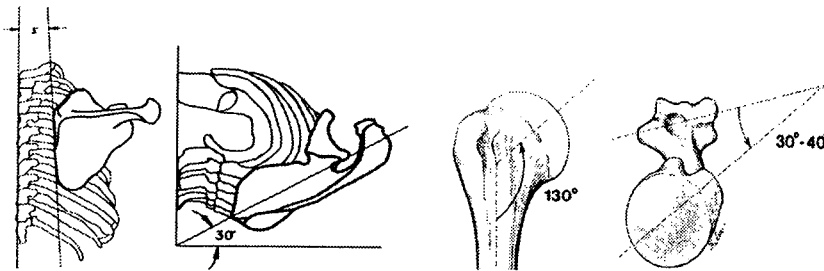


Fig. 2. 관절경 각(articular version)

2) 관절면적 및 접촉면(Surface area & articular contact) (Fig 3.)

관절와면은 상부가 좁고 하부가 넓은 서양배 모양을 하고 있으며, 수직으로 35 mm, 수평으로 25 mm가되어 상완골의 관절면(수직 48 mm, 수평 45 mm)과는 접촉면의 넓이가 차이가 난다(surface area mismatch (GH1)= maximum glenoid diameter/ maximum humera head diameter). 이는 단지 25~30%의 상완골두면이 관절와와 접촉해 있음을 의미하게 된다. 그러나 관절면의 접촉은 관절와의 연골면은 주변부가 두껍고(평균 3.8 mm) 중심부가 얇으며(평균 1.2 mm) 상완골두의 연골면은 중앙부가 두껍고(평균 2.0 mm), 주변부가 얇아(평균 1.2 mm) 서로 균일한 접촉상태에서 관절운동이 가능하며, Soslowsky등에 의하면 3 mm이내에서 거의 일치한 상태를 유지한다고 하였다³²⁾. 따라서 관절면 접촉의 불일치 보다는 관절면적의 불일치가 불안정성을 유발하는 주 요인이 된다³⁰⁾.

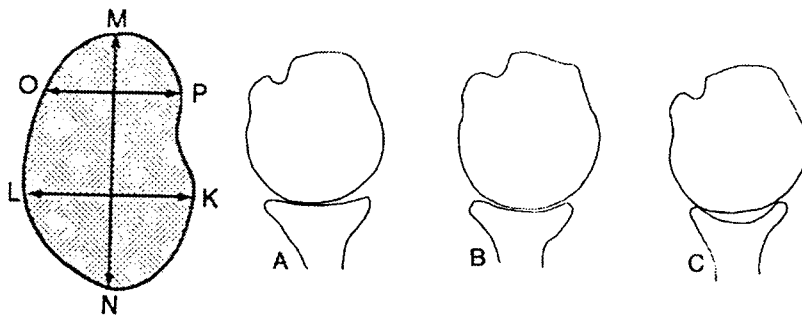


Fig. 3. 관절면적 및 접촉면(Surface area & articular contact)

3) 관절와 순(Glenoid labrum) (Fig 4.)

섬유조직으로 구성된 관절와 순은 관절와의 주변을 둘러싸고 있으며, 관절와상완인대를 관절와에 부착시키는 역할 및 관절와를 상하로 9 mm, 전후로 5 mm정도 깊게 하여 관절면의 깊이와 표면적을 증가시킴으로써, 관절와상완관절의 안정성을 증가시키는 역할을 한다¹⁰⁾. 관절와 순을 제거할 경우 관절와 깊이의 50%가 감소되며, 전위에 대한 저항성을 20% 감소시키게 된다¹⁹⁾. 하부관절와 순은 견고하게 부착되어 상완골두의 안정성을 유지시키는 chock block의 역할을 하며, 상부관절와 순은 비교적 느슨하게 부착되어 관절와 표면을 넓혀주는 역할을 하게 된다.

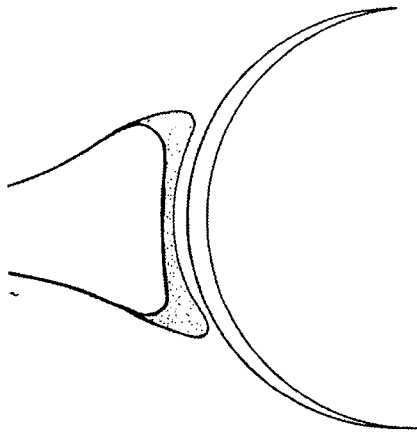


Fig. 4. 관절와 순(Glenoid labrum)

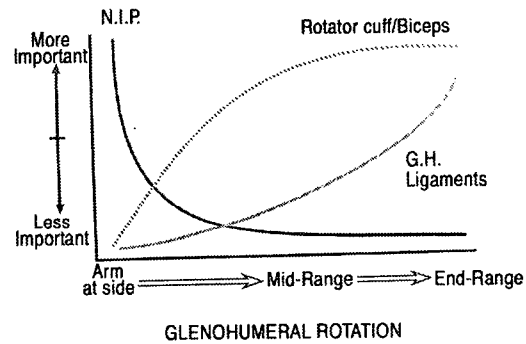


Fig. 5. 관절내 음압(Negative intraarticular pressure)

4) 관절내 음압(Negative intraarticular pressure) (Fig. 5)

관절와 가장자리의 연골과 관절와 순은 관절와가 상완골두 관절면의 형태에 맞도록 유연하게 작용하여 관절접촉면에서 틈새가 생기지 않게 하며(glenohumeral suction cup stabilization mechanism), 간질조직의 높은 삼투압으로 관절와상완관절내의 수분이 관절외로 빠져나오게 되어(limited joint volume) 정상 관절와상완관절은 진공상태를 유지하게 된다²⁰⁾. 이렇게 발생한 관절내 음압은 휴식위에서는 -42 cmH₂O의 압력을 가지게 되며, 외부의 힘이 가해지면 음압은 증가하게 된다⁶⁾. 관절내 음압은 휴식위 때와 같이 회전건 개가 이루어져 기능을 하지 않을 때나 상 관절와상완인대와 오구상완인대가 이루어져 긴장력이 발생하지 않는 경우에 하방 불안정성을 제한하는 중요한 역할을 하게 된다. 관절막이 파열되거나, 회전간극의 결손등으로 관절내 음압이 소실되면 하방전위 뿐만 아니라 전방전위도 55% 증가하게 된다^{35, 38)}.

5) 점착성(Adhesion-cohesion)

정상 관절내 활액의 양은 1 ml 미만으로 활액의 점성(viscosity)과 분자력(intermolecular force)에 의해 adhesion-cohesion effect가 발생한다. 이는 마치 접촉면에 물기를 가진 두개의 유리를 붙여 놓았을 때 접촉면을 따라서는 잘 미끄러지나 떼어내기는 어려운 현상처럼, 관절면의 미끄럼운동을 가능하게 하면서 관절이 이탈하는 것은 방지하는 기전이다²⁰⁾. adhesion-cohesion effect는 활액의 점착성(cohesion)이 감소하는 염증성 관절질환이나 수분

(wetability)이 감소하는 퇴행성 관절질환, 그리고 관절접촉면이 감소하는 전위성 관절와관절면 골절등에서 감소하게 된다.

6)관절막인대구조(capsuloligamentous structures) (Fig. 6)

관절와상완인대는 관절낭이 비후되어 형성된 구조물이며, 팔의 위치나 가해지는 힘의 방향에 따라 각각 다른 부위의 인대가 작용하여 관절의 안정성을 유지한다³⁴⁾. 상완 중립위에서는 관절내 음압과 상관절와 상완인대가 관절안정력으로 작용하며, 운동 범위의 중간단계에서는 회전건개와 상완이두건의 작용으로 인한 관절압박효과 및 인대의 장력에 의해 관절의 안정성이 유지되며^{5, 15, 19, 33)}, 관절와 상완인대는 다른 안정기전의 작용이 상대적으로 약해지는 운동범위의 극단에서 작용하여 불안정성을 방지한다²⁰⁾(Fig. 5).

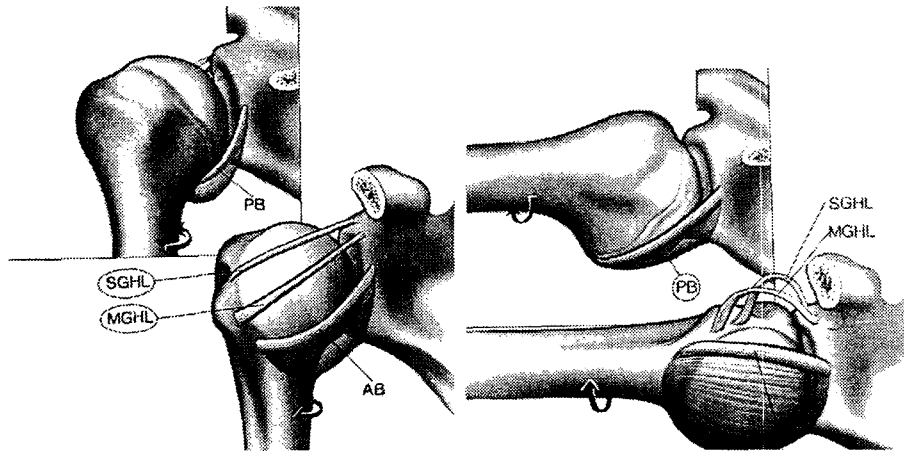


Fig. 6. 관절막인대구조(capsuloligamentous structures)

(1) 회전간극: 상관절와상완인대 및 오구상완인대 (Rotator interval: superior glenohumeral and coracohumeral ligament)

회전간극은 오구돌기, 상견갑근의 전방, 견갑하건의 상부사이에 위치한 간격으로 이두박근 장두의 주위로 상 관절와상완인대와 오구상완인대가 부착되어 있다. 이 두 인대는 상완 내전 위치에서 하방전위 및 외회전을 제한하여 관절의 안정성을 유지하게 된다^{1, 21)}. 회전간극의 결손이나 손상은 다방향성 불안정성을 유발할 수 있으며, 이 부위의 구축은 관절운동의 제한을 유발할 수 있다^{14, 21, 22)}.

(2) 중 관절와 상완인대(middle glenohumeral ligament)

중 관절와 상완인대는 sheet-like 및 cord-like 양상으로 보이며, 약 60%의 경우에서 관찰할 수 있다. 이는 상 관절와상완 인대의 하방의 상관절와에서 기시하여 관절순의 내측에 부착되며, 60~90도 외전 및 외회전한 위치에서 전방전위를 제한하며, 내전위치에서 하방전위를 제한한다.

(3) 하 관절와상완 인대 복합체(inferior glenohumeral ligament complex)

하 관절와상완 인대는 전대, 액와부 및 후대의 복합체로 구성되어 있으며, 외전상태에서 내회전을 하면 전대는 보다 하방에 위치하며 주로 하방전위를 막고, 후대는 보다 후방에 위치하여 전후방 전위를 제한하게 된다. 반대로 외회전을 하면 전대가 보다 전방에 위치하여 전후방전위를 막아주며 후대는 보다 하방에 위치하여 하방전위를 막아주는 상방운동(reciprocal motion)을 하게 되어, 마치 해먹과 같이 상완골두의 안정성을 유지하게 된다²⁴. 이때 전대는 가장 두꺼우며 늘 관찰할 수 있는 구조물으로써, 이 부위의 손상 및 변화는 전방 견관절 불안정성의 병적 기전에 가장 중요한 요소로 작용한다³⁾.

(4) 후 관절막(posterior capsule)

관절막의 가장 얇은 부위로 내회전, 내전 및 거상위치에서 후방전위를 제한한다^{24, 37)}.

(5) 관절막의 특성(material properties)

관절낭은 쉽게 이완되며, 상완골두 두배의 표면적을 가지며 교원섬유의 구성은 다른 관절과 같이 주로 제 1형 교원섬유로 이루어져 있다²³⁾. Bigliani등³⁾의 조사에 의하면 관절낭의 두께는 전방부가 두껍고(2.8 mm) 후방부가 얇은(1.7 mm) 모양이며, ultimate tensile strength는 5.5 Mpa로써 파열 시 관절와 부착부위에서 40%, 상완골 부착부에서 25%, 복합체의 실질부에서 35% 발생하였다. 관절막은 나이가 들수록 약해지며, 젊은 연령층에서는 주로 관절와순의 건열 손상의 형태를 취하게 되지만 50세 이 후에는 관절막 중간파열이 흔하게 발생한다²⁸⁾. 또한 고령층에서는 관절낭 조직보다 회전근 개의 약화가 두드러지게 되며, 전방 관절탈구 시 관절낭의 손상보다 회전근 개의 파열이 유발되기도 하며, 이를 견관절탈구의 “후방기전”이라 한다¹¹⁾.

2. 동적안정요소(dynamic factors)

1) 회전근 개(rotator cuff)

(1) 오목성 압력기전(concavity-compression mechanism)

회전근 개와 상완이두건 장두의 수축은 상완골 두를 관절와에 압박시키며 관절와와 상완골두 관절면의 일치도를 증가시켜 관절의 안정성을 증가시키게 된다^{19, 20)}. 이는 주로 관절막인대가 이완되는 운동범위의 중간단계에서 작용하며, 특히 하방전위를 제한하는데 있어 정적 안정기전인 관절와상완 인대보다 중요한 역할을 하게 된다.

(2) 조화된 회전근 개 수축(coordinated rotator cuff contraction/steering effect)

회전근 개의 수축으로 관절와 면에 가해지는 힘의 방향은 3가지 형태로 나타나게 되며 이는 일반적인 견관절 운동시 볼 수 있는 관절압박(joint compression), 최대 운동 범위 상태에서 볼 수 있는 관절 전단(joint shear) 및 투구 감속기 처럼 힘의 방향이 관절와를 벗어나는 관절 신장(joint distraction)등의 형태로 나타나게 되며 이때 회전근 개의 조화된 동시수축(coordinated synergistic synchronous contraction)이 관절의 안정성에 중요한 역할을 하게 된다^{2, 26, 29)}. 회전근 개의 수축은 하방상관절와 상완인대의 긴장을 완화시킬 수 있으며, 따라서 견관절 불안정성 치료 시 회전근 개의 조절 및 강화운동이 중요한 역할을 하게 된다.

(3) 인대의 동적역할(ligament dynamization)

회전근 개는 관절막 및 인대구조의 일부와 함께 상완골에 직접 부착되어 있기 때문에 회전근

개의 수축 시 관절막 인대에도 긴장도를 증가시키게 된다. 즉 견관절의 능동운동 시 정적안정물인 관절막 인대의 동적역할이 커지는 상호작용이 발생한다⁹⁾.

2) 상완이두건 장두(long head of biceps brachii)

상완 이두근의 주역할은 주관절의 굴곡 및 전완부의 외회전이지만, 상완이두건 장두는 주로 회전근 개나 관절막인대 구조의 안정기전이 약해지는 경우 동적안정 기전으로 작용한다. 내회전 위치에서는 전방 안정성을, 외회전 위치에서는 후방안정성을 도와주며, 회전근 개의 손상 시 상완골의 상방 이주를 억제하는 억제근으로써의 역할을 한다.

3) 견갑회전근육 및 견갑흉곽운동

승모근(trapezius), 견갑거근(levator scapulae), 능형근(rhomboid), 광배근(lattisimus dorsi), 전방거근(serratus anterior)등은 견갑골로 하여금 상완골두를 안정성있게 받쳐주며, 관절와가 상완골 두와 균형을 이루며 움직일 수 있게 하는 근육이다. 관절와상완관절과 견갑흉곽관절의 운동 분율은 전 거상시 대개 2:1의 비율로 움직이며 이는 근육협조운동의 상태를 확인하기 위한 척도가 된다²⁶⁾. 견관절운동 시 견갑회전근육의 약화로 견갑흉곽운동이 원활하지 못하게 되면, 상완골두의 움직임에 맞는 적합한 위치로 관절와가 놓이지 못하게 되고, 이는 관절와상완 인대에 과도한 긴장력과 함께 불안정성을 유발하는 원인이 된다³⁶⁾. 따라서 견관절의 재활 치료 시에는 회전근 개 뿐만 아니라 견갑회전근의 강화운동이 필수적이다.

4) 자기고유수용 기전(proprioception)

관절막인대는 정적 안정 기전으로 작용할 뿐만 아니라 Pacinian corpuscles, Ruffini endings, Golgi tendon-like endings과 같은 신경수용체를 통한 구심성 제어기전(afferent feedback)을 통해, 회전근 개나 상완이두근 장두의 반사적 근수축을 유발하여 동적 안정성을 활성화시키게 된다^{4, 17)}.

병리학적 소견

1) glenoid dyspalsia

드물게 관절와의 발달성 저성장 및 이형성이 견관절의 불안정성을 유발할 수 있으며 그 빈도는 견관절 불안정성 환자의 약 1~3% 정도가 된다.

2) Glenoid fracture or Bony Bankart

관절와골절 시 관절와오목면(concavity)과 접촉면이 소실되며 이는 concavity-compression 기전을 통한 안정력의 소실을 유발하게 된다. 그러나 관절와 면적의 25%이내의 소실이 있더라도 하관절와상완 인대가 관절와에 재 부착될 수 있으면 견관절 기능에 큰 영향을 미치지 않는다. 25% 이상의 골결손은 골 재건술이 필요하다

3) Bankart lesion (Fig. 1)

하 관절와상완 인대가 관절와 순 혹은 관절와골절과 함께 관절와로부터 분리된 병변으로 골막과 함께 분리(ALPSA) 되기도 한다. 관절와의 이등분선 하방의 관절와순의 병변은 불안정성과

밀접한 관계가 있으며, 완전 탈구 시에는 관절인대 조직의 소성 변형(plastic deformation)이 다르게 된다.

4) Hill-sach's lesion (Fig 7)

Hill-sach's 병변은 전방탈구 시 관절와 전연에 의하여 상완골 두 후외측에 발생한 골 결손이다. 이는 전방탈구환자의 80% 이상, 전방 아탈구 환자의 25%에서 관찰되며, 탈구기간이 길거나 재발성, 그리고 전하방 탈구 시 그 크기가 커지게 된다^{7, 13)}. Hill-Sachs병변은 대부분 전방 관절순 수복술을 통해 관절이 안정되면 관절안정성에 영향을 미치지 않게 되나 상완관절면의 30% 이상을 차지하는 크기일 경우 불안정상을 유발할 수 있다. 이 경우 근전이술이나 상완경부 회전절골술 혹은 이중골 이식술이나 상완골두 치환술등의 수술적 치료를 고려할 수도 있다.

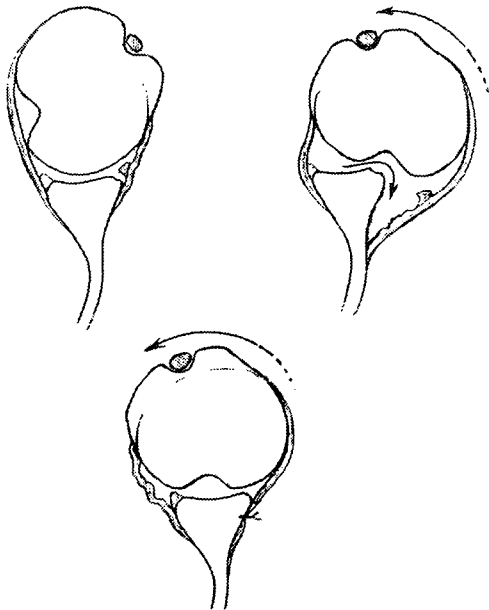


Fig. 7. 외회전 시 Bankart 병변에 의해 전방전위된 상완골두는 Hill-Sachs 병변을 통해 탈구되며, bankart 병변 수복 후에는 외회전 시에도 Hill-Sachs 병변이 관절와 내에 안정적으로 잘 유지된다.

5) Capsular injury

(1) 전방탈구 환자의 약 55%에서 관절막 파열을 동반하며, 15%에서 관절와 순의 분리를 동반한 관절막 파열이 발생한다²⁷⁾. 상완골두의 탈구 시 관절낭의 소성 변화 혹은 관절낭의 파열은 필연적으로 발생하게 되며, Bankart 병변과 복합적으로 작용하여 불안정성을 유발하게 되므로, 수술적 치료 시 Bankat 복원술과 함께 어느 정도의 관절낭전이술을 함께 시행하게 된다.

(2) HAGL lesion (humeral avulsion of the glenohumeral ligament)은 과도한 외회전에 의해 관절막이 상완골 부착부에서 분리되는 드문 병변으로 해부학적 복원이 필요한 병변이다³⁹⁾.

6) Excessive capsular laxity

병적인 관절낭 이완은 선천적으로나 반복적인 미세 손상으로 발생할 수 있으나, 나이 성별등

다양한 요소가 작용하여 정상이완과의 명백한 구분은 힘들다^{12, 25)}.

7) Rotator cuff and subscapularis injury

최초 탈구시 대결절의 건열골절이 동반된 경우 재탈구의 빈도는 드물게 발새하나, 50세 이상의 연령층에서 견갑하건의 파열과 동반될 경우 불안정성의 위험성이 커진다.

Classification

견관절의 가동성은 정상적인 관절의 이완(laxity)로 부터 병적인 이완(pathologic laxity), 즉 불안정성(instability)에 이르기 까지 다양하게 나타나며, 정상적인 관절운동과 증상을 유발하는 병적인 상태는 중복되어 명확하게 그 경계를 구분하기 힘든 경우가 많다(Fig. 8) 견관절의 불안정성은 다양한 방법으로 분류될 수 있으며, 병력과 이학적 소견 및 진단적 검사 소견에 따라 서로 다른 치료 방침을 선택하게 된다.

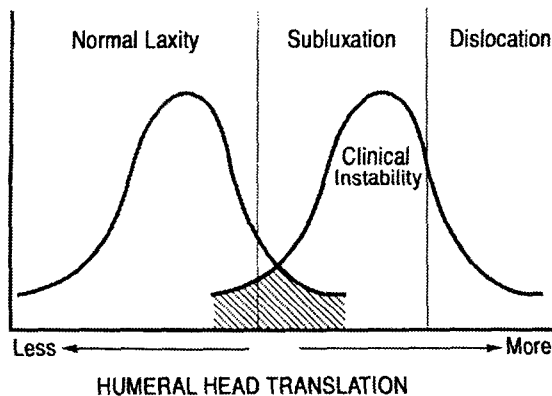


Fig. 8. 정상관절 이완과 불안정성 관절

- 1) Timing and frequency
 - (1) Acute
 - a. primary
 - b. recurrent
 - (2) Chronic
- 2) Degree
 - (1) Dislocation (80% or more)
 - (2) Subluxation (partial)
- 3) Etiology

- (1) Traumatic
 - (2) Atraumatic
 - (3) Repetitive microtrauma (overuse)
- 4) Volition
- (1) Involuntary
 - (2) Voluntary
 - a. positional
 - b. Muscular
 - c. Psychological disorder
- 5) Direction
- (1) Anterior
 - (2) Posterior
 - (3) Inferior
 - (4) Bidirectional
 - a. Antero-inferior
 - b. Postero-inferior
 - (5) Multidirectional

REFERENCE

1. Basmajian J and Bazant F: Factors preventing downward dislocation of the adducted shoulder joint in an electromyographic and morphological study. *J Bone Joint Surg*, 41A:1182-1186, 1959.
2. Bassett RW, Browne AO, moray BF and An KN: Glenohumeral muscle force and moment mechanics in position of shoulder instability. *J Biomech*, 23:405-415, 1990.
3. BiglianiL, Polloc R, soslowsky L et al.: Tensile properties of the inferior glenohumeral ligament *J Orthop Res*, 10:187-197, 1992.
4. Blasier R, Carpenter J and Huston L: Shoulder proprioception. Effect of joint laxity, joint position, and direction of motion. *Orthop Rev*, 23:44-50, 1994.
5. Bowen MK, Deng XH, Warner JP, et al: The effect of joint compression on stability of the glenohumeral joint. *Trans Orthop Res Soc*, 17:289, 1992.
6. Browne A, Hoffmeyer P, An K, et al: The influence of atmospheric pressure on shoulder stability. *Orthop Trans*, 14:259, 1990.
7. Calandra J, Baker C and Uribe J: The incidence of Hill-sachs lesions in initial anterior shoulder dislocations. *Arthroscopy*, 5:254-257, 1989.
8. Carpenter J Blasier R and Pellizzan G: The effect of muscular fatigue in shoulder proprioception. *Trans Orthop Res Soc*, 39. 1993.
9. Clark J, Sidles J and Masten F: The relationship of glenohumeral joint capsule to the rotator cuff. *Clin Orthop*, 254:29-34, 1990.
10. Cooper D, Arnoczky S, O' Brien S, et al: Anatomy, histology, and vascularity of the glenoid labrum. An anatomic study. *J Bone Joint Surg*, 73B:406-408, 1991.

11. Craig E: The posterior mechanism of acute anterior shoulder dislocation. *Clin Orthop*, 190:212-216, 1984.
12. Emery R and Mullaji A: Glenohumeral joint instability in normal adolescents. Incidence and significance. *J Bone Joint Surg*, 73B:406-408, 1991.
13. Flatow E Miller S and Neer CI: Chronic anterior dislocation of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg*, 2:2-10, 1993.
14. Harryman DT, Sidles JA and Harris SL: The role of the rotator interval capsule in passive motion and stability of the shoulder. *J Bone Joint Surg*, 74A:53-66, 1992.
15. Howell S, Galinat B: The glenoid-labral socket. A constrained articular surface. *Clin Orthop*, 243:122-125, 1989.
16. Kronberg M and Brostrom LA: Humeral head retroversion in patients with unstable humeroscapular joints. *Clin Orthop*, 260:207-211, 1990.
17. Lephart S, Waner J, Borsa P, et al: Proprioception of the shoulder. Joint in healthy, unstable, and surgically repaired shoulders. *J Shoulder Elbow Surg*, 3:371-380, 1994.
18. Lippitt S, Harris S, Harryman DT, et al: In vivo quantification of the laxity of normal and unstable glenohumeral joints. *J Shoulder Elbow Surg*, 3:215-223, 1994.
19. Lippitt S, Vanderhooft J, Harris S, et al: Glenohumeral stability from concavity-compression. A quantitative analysis. *J Shoulder Elbow Surg*, 2:27-35, 1993.
20. Matsen FL, Thomas S and Rockwood CJ: Anterior glenohumeral instability. In Rockwood CJ and Matsen FL, eds. *The shoulder*. Philadelphia. WB Saunders, 526-622, 1990.
21. Neer CS, Satterlee CC, Dalsey RM, et al: The anatomy and potential effects of contracture of the coracohumeral ligament. *Clin Orthop*, 280:182-185, 1992.
22. Nobuhara K: The rotator interval lesion. In Wayne J, Burkhead Z, eds. *Rotator cuff disorders*. Baltimore:Williams & Wilkins, 182-192, 1996.
23. O' Brien S, Arnoczky S, Warren R et al: Developmental anatomy of the shoulder and anatomy of the glenohumeral joint. In Rockwood CJ and Matsen FL, eds. *The shoulder*. Philadelphia, WB Saunders, 1-33, 1990.
24. O' Brien SJ, Neves MC, Arnoczky SP, et al: The anatomy and histology of the inferior glenohumeral ligament complex of the shoulder *Am J Sports Med*, 18:449-456, 1990.
25. O' Driscoll S and Evans D: Contralateral shoulder instability following anterior repair. An epidemiological investigation. *J Bone Joint Surg*, 73B:941-946, 1991.
26. Poppen N and Walker P: Forces at the glenohumeral joint in abduction. *Clin Orthop*, 58:165-170, 1978.
27. Reeves B: Arthrography in acute dislocation of the shoulder. *J Bone Joint Surg*, 48B: 182, 1968.
28. Reeves B: Experiments on tensile strength of the anterior capsular structures of the shoulder in man. *J Bone Joint Surg*, 50B: 858-865, 1968.
29. Rowe C, Pierce D and Clark J: Voluntary dislocation of the shoulder. A preliminary report on clinical, electromyographic, and psychiatric study of twenty-six patients. *J Bone Joint Surg*. 55A:445-460, 1973.
30. Rowe C and Sakellarides H: Factors related to recurrences of the anterior dislocation of the shoulder. *Clin Orthop*, 20:40-48, 1961.
31. Saha A: Dynamic stability of the glenohumeral joint. *Acta Orthop Scand*, 42:491-505, 1971.
32. Soslowky L, Flatow E, Bigliani L, et al: Articular geometry of the glenohumeral joint. *Clin Orthop*, 285:181-190, 1992.
33. Soslowky L, Flatow E, Bigliani L, et al: Quantitation of in situ contact areas at the glenohumeral joint. A biomechanical study. *J Orthop Res*, 10:524-534, 1992.

34. Turkel S, Panio M, Marshall J, et al: Stabilizing mechanisms preventing anterior dislocation of the glenohumeral joint. J Bone Joint Surg, 63A:1208-1217, 1981.
35. Warner J, Deng X, Warren R, et al: Superior-inferior translation in the intact and vented glenohumeral joint. J Shoulder Elbow Surg, 2:99-125, 1993.
36. Warner JJ, Micheli LJ, Arslanian LE, et al: Scapulothoracic motion in normal shoulders and shoulders with glenohumeral instability and impingement syndrome. A study using Moire tomographic analysis. Clin Orthop, 285:191-199, 1992.
37. Warren , Kornblatt I and Marchand R: Static factors affecting posterior shoulder stability. Orthop Trans, 8:89, 1984.
38. Weulker N, Brewe F and Sperveslage C: Passive glenohumeral joint stabilization. A biomechanical study. J Shoulder Elbow Surg, 3:129-134, 1994.
39. Wolf E, Cheng J and Dickson K: Humeral avulsion of glenohumeral ligaments as cause of anterior shoulder instability. Arthroscopy, 11:600-607, 1995.