대한물리치료학회지 제12권 제3호
The Journal of Korean Society of Physical Therapy
Vol. 12, No. 3 pp 433~444, 2000.

상완견관절의 안정적 구조에 관한 연구

대구대학교 대학원 재활과학과 물리치료 전공
이 진 희
대구대학교 재활과학대학 물리치료학과
김 진 상

The study of stabilizing structure of the glenohumeral joints

Lee, Jin-Hee, P.T., M.S.
Major in Physical Therapy, Dept. of Rehabilitation Science, Graduate School, Taegu University
Kim, Jin-Sang, D.V.M., Ph.D.
Department of physical therapy, College of Rehabilitation, Taegu University

< Abstract >

The purpose is paper was to discuss current concepts related to anatomic stabilizing structures of the shoulder joint complex and their clinical relevance to shoulder instability. The clinical syndrome of shoulder instability represents a wide spectrum of symtoms and signs which may produce various levels of dysfunctions, from subtle subluxations to gross joint instability. The glenohumeral joint attains functional stability through a delicate and intricate interaction between the passive and active stabilizing structures. The passive constraints include the bony geometry, glenoid labrum, and the glenohumeral joint capsuloligaments structure. Conversely, the active constraints, also referred to as active mechanism, include the shoulder complex musculature, the proprioceptive system, and the musculoligamentous relationship. The interaction of the active and passive mechanism which provide passive and active glenohumeral joint stability will be throughtly discussed in this paper

Ⅰ. 서 론

상완견관절은 견관절 복합체중에서 가장 두드러진 관절이다. 이 관절은 가동관절이며 흔히 반구형 또는 다축성 구상관절이라 한다. 이런 관절 형태는 굉장한 양의 운동성을 제공하고 다재다능함을 가지나 선천적으로 안정성이 부족하기때문에(Inglis와 Frank, 1990), 불안정성 손상이 잘 일어나며, 일생동안 탈구의 발생율이 1-2%가 되는 신체에서 가장 탈구가 잘되는 관절이다. 모든 연령군이 견관절 불안정성의 위험에 처해있다. 능동적인 사람과 운동선수는 외상성, 이차적인 손상(traumatic and acquired injury)이 더 많이 발생되는 반면, 좌식생활을 하는 사람들은 비외상성 견관절 불안정성에 의해 영향을 받는다. 견관절 불안정성은 전방, 후방, 하방과 연관되어 일어난다. 결손은 한방향 또는 다방향에따라 분류되어질 수 있다(Brenneke 등, 2000).

견관절 불안정성을 가진 환자들은 주로 일반 정형외과 영역과 스포츠 의학에 종사하는 물리치료사, 스포츠 트레이너와 의사에 의해 다루어지게 된다. 흔히 정확한 임상적 진단은 정상으로 나타나는 과도한 양의 관절낭 이완성(capsular laxity) 때문에 어려워진다. 임상가들은 정상적으로 받아들여지는 인대성 이완정도와 병리적인 과도한 이완정도를 구별함에 있어 어려움을 가지게 될 것이다. 상완견관절을 정확하게 진단하기 위해서는 해부학적, 역학적인 안정성 구조와 관련된 최근 개념을 이해하고, 검진시 요구되는 기본적인 주관적 정보와 신체검진에 부가하여 특수한 안정성 사정 방법을 이해해야 한다(Wilk 등, 1997). 그 외에도, 상완견관절의 동적 안정자로써 신경근육계의 작용이 상당히 크기 때문에, 근육검사, 감각기능과 반사검사와 같은 상지의 신경학적 검사도 수행되어져야 한다.

상완견관절은 운동성을 위해 안정성의 소실을 가지는 관절이다. 상완견관절이 현저한 생리학적 움직임을 가진다 해도, 정상인의 운동에서는 단 몇 mm 정도의 상완골두 전위(displacement)가 일어난다(Altchek 등, 1990; Warner 등, 1992; Wilk 등, 1997). 이와 상반되게, Matsen등(1992)은 정상적인 무증상의 견관절에서 과도한 수동적인 전위(하방으로 10mm, 전방으로 8mm)가 나타난다고 했다. 그러므로 관절와내에서의 상완골두 안정성은 인대성 구조와 주위의 근육들에 의한 복합적인 작용에 의해 수행되어진다. Matsen 등(1992)은 불안정성(instability)이란 관절와에 대한 상완골두의 원하지 않는 병진운동(translation)을 나타낸 임상적 상태로 견관절의 기능과 안정에 악화를 초래하는 것으로 정의했고, 이완성(laxity)은 상완골두가 관절와에 대해 수동적으로 움직일수 있는 능력으로 언급했다.개인마다 수동 병진운동(passive translation)이 차이가 난다 하더라도, 견관절 불안정성을 가진 환자들의 공통적인 병리기전적인 상태는 상완견관절의 병진운동을 증가시켜 증상을 유발하게 된다. 이들 모든 불안정성 환자들에 있어, 안정성 복합체의 구성요소에 대한 기능장애를 가지고 있다(Pagnani와 Warren, 1994). 안정성 복합체의 논의를위해서 두 범주로:수동적인 안정자(골격 기하학, 인대성 구조)와 능동적인 안정자(신경근육계)로 나누어 볼 것이다. 관절와내에서 상완골두의 유지는 상완견관절의 능동적인 안정자(동적인 안정자)와 수동적인 안정자(정적인 안정자)의 복합적인 작용을 통해 가능하다. 이에 본 논문에서는 견관절 안정성에 기여한 다양한 기전과 상완견관절 안정성에 있어서의 병리학적 변화의 영향을 논의할 것이다.

Ⅱ. 본 론

1. 정적인 안정자(The static stabilizer)

1) 골격 기하학(Bony Geometry)

다양한 구조들이 직 간접적으로 상완견관절의 정적인 안정성에 기여한다. 상완견관절의 골격 기하학은 과도한 관절 운동성에는 도움이 되지만, 많은 다른 관절에서 보여지는 정적인 골격 안정성의 부족을 초래한다. 관절와의 표면은 배-모양이며, 하면이 상면보다 20%가 더 크다(Pagnani와 Warren, 1994). Iannotti 등(1992)은 하면과 상면의 비율이 1:0.80 ± 0.01이라고 했다. 관절와면은 상완골두면보다 훨씬 작으며, 상완골두의 표면적이 관절와보다 약 3-4배가 더 크다. 상완골두와 관절와 간의 표면적 비율은 상완견관절 지수(glenohumeral index: 관절와의 최대 직경/상완골두의 최대 직경)라 하며, 이 비율은 시상면상에서는 약 0.75이며, 횡단면상에서는 약 0.6이 된다. 부가적으로 정상적인 움직임시 상완골두의 25-30%만이 실제적으로 관절와에 접촉한다. 이러한 관절면 접촉의 부족은 상완견관절의 선천적 불안정성에 기여한다(Clemente, 1985). 관절와는 상, 전, 외측으로 향해 있고, 관절와의 하부는 상방으로 경사져 있다. Basmajian과 Bazart(1959)는 이러한 하부 관절와의 상방 경사가 관절와내에서의 상완골 하방 병진운동을 제한한다고 했다. 관절와의 실제적인 크기, 모양, 경사와 변형에는 광범위한 다양성이 존재하는데, 이들이 견관절 안정성에 기여하게 된다. 관절와면은 견갑골에 대해 10도의 수직선내에 있으므로, 관절와는 약 6도 정도 후굴(retroversion)되어 있다(Saha, 1971). Brewer 등(1986)은 관절와의 과도한 후굴은 하방 상완견관절 불안정성에 기여하는 주요 인자로 작용한다고 보고했다. 부가적으로, 관절와의 증가된 전경(anterversion)은 재발성 탈구 환자에게서 발견되었다. 그러므로 비정상적인 크기 또는 각형성(angulation)을 가지며 상대적으로 얇은 관절와를 보이는 환자들은 불안정성에 더 노출되기 쉽다. 이러한 상황은 Erb's palsy와 골격이형성증과 같은 발달학적 기형의 경우에 적용된다.

불안정성은 단지 관절하고 있는 표면 사이의 일치성

부족으로만 기인하지는 않을 것이다. 정상적으로 상완골두와 관절와의 상응하는 관절면은 매우 조화롭다(Wilk 등, 1997). Soslowsky 등(1992)은 상완견관절의 삼차원적 기하학을 조사하기 위해 입체사진-그램미터 기법(stereophoto-grammetric technique)을 사용한 결과, 상완골두와 관절와의 골률반경이 현저한 차이를 보이지 않는다고 했다. 부가적으로, 그들은 두 관절표면은 구형체와는 약간의 변위를 가지나 구형의 표면에 근접한다고 했다. Iannotti 등(1992)은 상완골두가 관절면의 중심영역에서는 구형에 근접하지만, 주변으로 갈수록 타원형이 된다고 보고했다.

Pagnani와 Warren(1994)는 견관절의 방사선에서 볼수 있는 부조화는 평범한 방사선에서는 볼수 없는 연골의 출현때문이라고 제의했다. Matsen등(1992)은 관절와의 관절연골은 주변에서는 뚜껍고 중앙은 얇다고 했다. 그러므로 견갑골의 관절와면은 원래 골보다 더 오목하게 되며, 상완견관절은 방사선상에서 보이는 것보다는 다소 더 조화로워진다.

상완골두와 관절와의 관절면 사이의 접촉면적은 팔의 자세에 따라 다양해진다. Soslowsky 등(1992)은 사체표본과 모의실험성 관절력을 이용해, 가장 많은 접촉면적은 60-120도사이의 정중위 거상시에 일어난다고 했다. 거상이 증가됨에 따라 상완골두에 대한 접촉지점은 하방에서 후상방으로 움직이는 반면, 관절와 접촉은 중심지점에서 후방으로 이동한다.

관절와에 대한 상완골두의 관계가 움직임 호를 통해 비교적 일정하게 유지되긴 하나, 엄격하게 말해 견관절이 구상관절 형태로 작용한다고는 볼수 없다. 정상적인 움직임의 끝단에서는, 회전이 상완골두의 병진운동(translation)과 조합된다(Wilk 등, 1997). Howell 등(1988)은 팔 회전시 관절와에 대한 상완골두의 병진운동을 방사선상으로 연구했다. 정상적인 견관절에서 팔이 90도 외전, 완전 외회전과 최대 수평외전 자세에서 상완골두는 후방으로의 4mm 병진이동이 일어나며, 반대로 전방 불안정성을 가진 환자들은 동일한 자세에서 상완골두가 전방으로 이동한다. Bowen등(1992)은 내회전시 평균 5mm의 전방 병진운동이 일어나며, 외회전시 5mm의 후방 병진운동이 일어난다고 했다. 부가적으로, 병진운동의 방향은 관절낭인대 복합체(capsuloligamentous complex)에 의해 결정된다. 팔 운동시, 수동적인 구속물은 운동을 제한할뿐아니라 상완골두 운동을 전환시킨다. 만약 수동적인 구속물이 "신장(stretched out)"되거나 Bankart lesion에서와 같이 골부착부가 손상되면, 비정상적인 병진운동이 일어난다. 만약 관절낭의 한부분이 다른 부분보다 더 단단해지면, 상완골두의 과도한 병진운동을 초래하게 된다. 이를 "비대칭성 관절낭 견고함(asymmetriclal capsular tightness)"이라고 언급한다(Wilk 등, 1997). 상완골두와 관절와에서의 골격 손상은 주로 상완견관절 불안정성과 연관된다. 재발성 전방 불안정성이 있을 때, 폐 손상 또는 병변은 주로 상완골두의 후외측부분에 나타난다(Hill-Sachs lesion). 반대로 전내측 병변은 주로 재발성 후방 불안정성과 함께 나타난다(reverse Hill-Sachs lesion). 전방 또는 후방 관절와 테두리의 골격 손상 또한 재발성 불안정성과 함께 일어날것이다(Pavlov 등, 1985).

2) 관절순(The Glenoid Labrum)

관절순(glenoid labrum)은 섬유성 테두리이며, 관절와를 다소 깊게 하고 상완견관절 인대들의 부착부 역할을 한다(그림 1). 관절순은 탄성섬유는 적고, 대다수 치밀 섬유성 조직으로 구성되어 있다. 관절순은 주변부로부터 혈액 공급을 재공받는다. Cooper 등(1992)은 관절순의 혈액 공급에 관해 조사한 결과, 관절순의 상부와 전상부면은 후상방과 하면부보다 혈관이 더 적다고 보고했다. 부가적으로 관절순의 혈관성은 연령에 따라 감소한다.상관절순과 상완이두근 장두는 상관절순 결절부의 부착지점에서 서로 뒤섞여 있다. 이러한 관절순-상완이두근건 복합체는 병변 또는 손상이 흔히 일어나는 부위이다. 관절순의 상부면은 느슨하며 슬관절내에 위치한 반월판(meniscal-like)의 운동성과 공통점이 있는 반면, 하부 부착부는 견고하고 상대적으로 움직임이 없다(O' Brien, 1994). 관절와의 수평 중앙선 위에서의 관절순 운동성은 병리적 현상이 아닌 정상이며, 반대로 하부 운동성은 비정상이다. 관절순은 관절와의 전상부면에서 "관절순 구(labral sulcus)"를 형성한다. 이는 정상적인 형태이며, 관절경 검진시 나타나는 병리적 변화나 Bankart lesion과 혼돈되어서는 안된다. 안정자 구조로써의 관절순의 역할에 대해서는 여러 문헌에서 논쟁이 되고 있다(Wiley, 1988; Howell 와 Kraft, 1991). 관절순은 관절와를 2.5mm에서 약 5mm정도 더 깊게 한다(Howell 등, 1988).

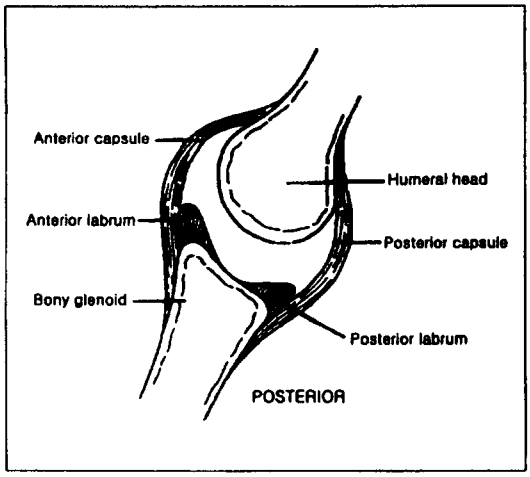

그림 1. 관절와를 깊게 하며 상완견관절낭의 부착부를 제공하는 관절순.

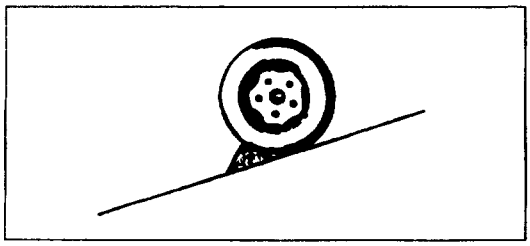

그림 2. 관절순의 "chock-block" 효과.

관절순은 인대성 관절낭 구조가 느슨해지는 중간범위의 상완견관절 동작내에서 관절안정을 위해 관절 음압력과 협력하여 기능을 수행한다. 생역학적 연구에서 관절순의 절개시 압축 안정성이 20% 감소된다고 했다(Vanderhooft 등, 1992). 관절순은 트랙터의 바퀴가 아래로 굴러가는 것을 막아주는 "chock-block"과 유사한 버팀목 역할을 하며 상완견관절 병진운동을 조절한다(그림 2). Bowen 등(1992)은 관절순이 상완골두를 위한 부하-지주 구조로써 작용하고 표면적을 증가시킴으로써 안정성에 기여한다고 했다.

팔 운동시, 상완골두는 관절와의 주변부와 접하게 되고, 실제적으로 관절낭순 구조(capsulolabral structure)와 관절하게 될 것이다(Soslowsky, 1992). 그러므로 관절순은 상완관절을 위한 유용한 표면적을 증가시키게 된다. 부가적으로 하관절상완인대(IGHL)는 하부 관절순과 결합되어 있다. 병리적으로, 전하방 관절순 분리는 대개 어느 정도의 관절낭 분열과 연관되어진다. 이러한 관절낭-골막 분리는 중요한 안정자인 하상완견관절인대에서 느슨함을 야기한다(Wilk 등, 1997).

3) 견관절 낭과 인대(Shoulder Capsule and Ligments)

견관절 낭은 크고, 느슨하며 풍부한 구조로써, 자연스럽게 많은 양의 상완견관절 운동을 허용한다. 또한 각기 다른 강도(strength)와 정향(orientation)의 다층성 콜라겐 섬유(multilayered collagen fiber)로 구성되어 있다(Wilk 등, 1997). Gohlke 등(1994)은 관절낭의 가장 뚜껍고 강한 부분은 치밀하게 조직화된 콜라겐 섬유로 구성된 전·하방 관절낭이라고 보고했다. 관절낭의 콜라겐 섬유 정향은 회전 요소(circular elements)에 의해 서로 연결된 방사상 섬유(radial fiber)로 구성되어 있다(그림 3). 그러므로, 섬유내에서의 회전력이 장력을 생성해, 관절면의 압축과 중심화를 촉진해 상완골두의 전위를 감소시킨다(Gohlke, 1994)(그림 4). 관절낭내에서, 많은 섬유 다발들은 골과 골을 연결시키기 보다는 원형의 형태를 하고 있다. 이러한 형상은 관절낭의 용량에 중요한 역할을 한다. 이들 원형 콜라겐 섬유들은 긴장(stress)과 장력(tension)을 흡수하는데 중요한 역할을 한다. 나선상 모양이면서, 교차-연결된 관절낭 콜라겐 구조는 관절 안정성 제공을 보조한다. 견인력(distraction force)은 관절낭의 종적 신장(longitudinal stretching)을 증가시키므로, 원통의 압축력인 관절내 압박을 증가시켜 관절내 음압력 효과를 강화시킨다(Gohlke, 1994).

관절낭은 관절 안정성에 크게 기여하는 낭 인대에 의해 강화된다. 이들 낭 인대들은 크기, 강도, 정향면에서 광범위한 다양성을 가진다. 이들 인대들은 관절이 운동의 종단부에 놓여질 때 불안정성에 대한 보호역할을 한다(O' Brien 등, 1994).

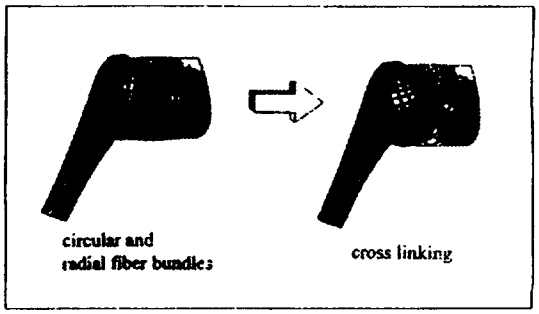

그림 3. 콜라겐 섬유 다발은(방사상 요소와 회전요소)는 상완견관절낭을 교차연결시킨다.

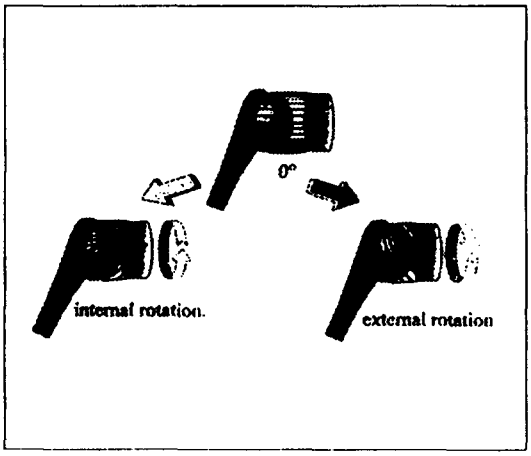

그림 4. 회전운동시(내회전과 외회전), 콥라겐 섬유 다발은 긴장하게 되므로 상완골두의 중심화를 촉진해 상완골두의 전위를 감소시킨다.

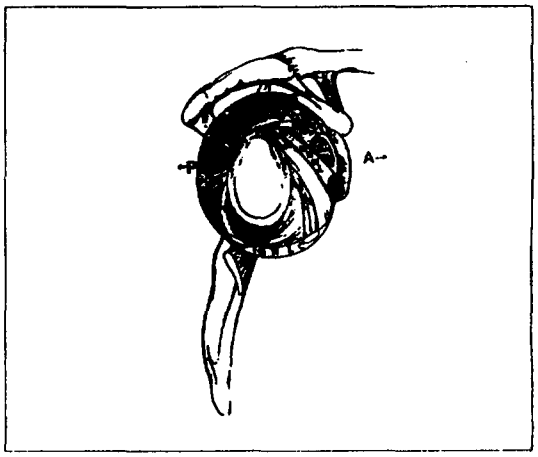

그림 5. 관절상완인대 : 하관절상완인대 복합체(IGHLC)는 전방 밴드(AB), 후방 밴드(PB)와 액와 주머니(AP)로 구성되어 있다. 중관절상완인대(MGHL)와 상관절상완인대(SGHL). B=상완이두근 장두의 건. PC=후방 관절낭.

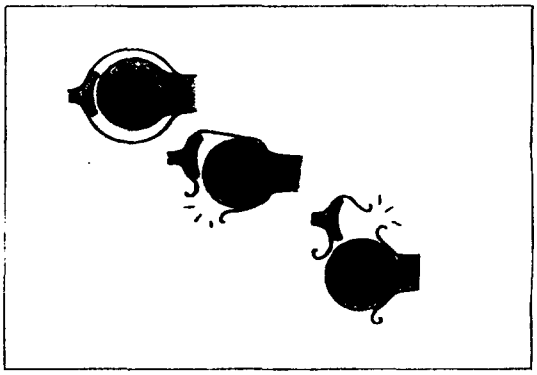

그림 6. 회전 안정성 개념. 상완골두의 전위는 관절 양측 면에 있는 구조에의해 저지된다.

전방의 상완견관절 낭은 세개의 중요한 인대인 상관절상완인대(SGHL), 중관절상완인대(MGHL)와 하관절상완인대 복합체(IGHL complex)를 가진다(그림 5). 상완견관절의 골격 요소는 선천적으로 안전하지 못하기 때문에, 안정성을 제공하기 위해 관절순, 관절낭, 인대와 근육과 같은 연부조직 구조에 의존하게 된다. 특히 전-하방운동을 조절하기 위한, 전하방 관절낭인대성 기전은 중요한 안정자 역할을 한다(Forwell과 Carnahan, 1996). 상관절상완인대는 상완이두근건 전방의 전상방 관절순에서 시작해 소결절 상부에 정지한다. 중관절상완인대는 상관절상완인대 인접부에서 시작해 외측으로 주행해 견갑하근의 건과 함께 소결절에 부착한다. 하관절상완인대 복합체는 전방 밴드(anterior band), 후방 밴드(posterior band), 액와 주머니(axillary pouch)인 세부분으로 구성되어 있다(그림 5). 이들 구조 중에서 중관절상완인대가 가장 많은 다양성을 가진다. 후방으로는 관절낭이 가장 얇고 하관절상완인대 복합체의 후방밴드외에는 낭 인대가 존재하지 않는다.

상완견관절을 안정화시키는데 있어 견관절낭과 전방의 상완견관절 인대의 역할은 복잡하며 견관절 자세와 전위력의 방향에따라 다양해진다. Warren 등(1984)은 상완견관절이 탈구되기위해 요구되는 조직손상 정도를 병리기전적으로 설명하기위해 "회전 안정성 개념(circle stability concept)"을 공식화 했다(그림 6).

관절와에 대한 상완골두의 하방전위에 대한 구속물은 팔의 자세와 회전정도에따라 다양하다. Warner등(1992)에 의한 선택적인 조직 절단 연구에서, 내전된 팔 자세에서 하방 전위를 저지하는 주요 구속물은 상관절상완인대와 오구상완인대가 된다(그림 7). 팔이 중립위에서 45도 외전할 때, 하관절상완인대 복합체의 전방 밴드가 하방 전위에대한 주요 구속물이 된다(그림 8). 90도 외전위에서는, 하관절상완인대 복합체의 후방 밴드가 관절와에 대한 상완골두의 하방 전위에 대항한 주요 안정자 역할을 담당한다(그림 9).

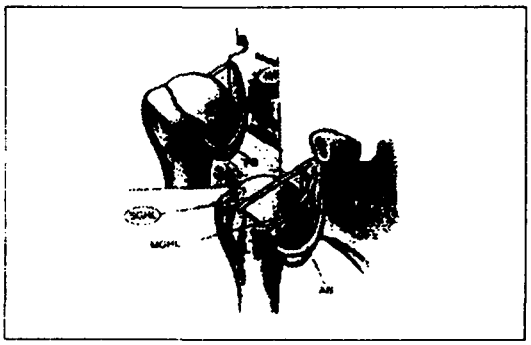

그림 7. 상-하 전위에 대한 인대성 구속물; 0도 외전위와 중립위에서 실시한 안정성 검사. SGHL=상관절상완인대 ; MGHL=중관절상완인대; AB=하관절상완인대 복합체의 전방 밴드; PB=하관절상완인대 복합체의 후방 밴드.

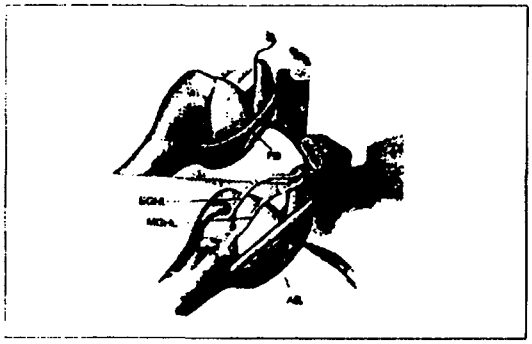

그림 8. 중립위와 45도 외전위에서의 상-하 전위에 대한 인대성 구속물.

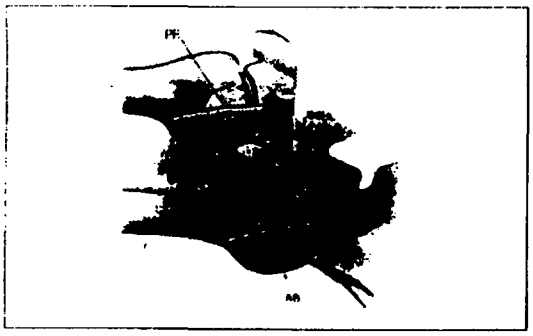

그림 9. 중립위와 90도 외전위에서의 하부 인대성 구속물

전방의 관절상완인대는 전방 전위에 대한 주요 구속물로써 기능을 담당한다. 상관절상완인대와 중관절상완인대는 팔이 완전히 내전되어 있을 때 전방 전위에대한 구속물로 작용한다. 중관절상완인대는 중간범위의 견관절 외전위에서 전방 전위를 제한하는 역할을 담당한다. 하관절상완인대 복합체, 특히 전방 밴드는 팔이 90도나 그 이상 외전되거나 외회전시 상완골두의 전방 전위를 막는 역할을 담당한다. 하관절상완인대(IGHL)는 상완견관절을 위한 안정성을 제공하기위해 동적인 안정인자와 연합하여 일하는 낭 인대성 기전중 하나로 중요한 역할을 담당한다(Thay 등, 1999). 하관절상완인대 복합체의 전방 밴드의 구조적 통합성과 생역학적 특성은 재발성 상완견관절 불안정성의 병리기전과 치료에 중요한 부분이 된다(Thay, 1999).

후방전위에 대한 구속물도 팔의 자세에 달려 있다. O'Brien(1990) 등은 하관절상완인대 복합체(후하방 관절낭과 함께)가 팔이 90도 외전할 때 후방 불안정성에 대항한 주요 수동적 안정자라고 보고했다. 팔이 90도 이하의 외전상태가 될 때는 후방 관절낭이 주요 방어기전을 제공한다. 최근 정적인 인대 구조와 팔 운동사이의 기능적인 관계가 더 잘 정의되어졌다. 외전과 외회전시, 하관절상완인대 복합체의 전방 밴드는 산개하여(fans out) 해먹(hammock)처럼 상완골두의 전하방면 주위를 감싸 전방전위를 구속하는 반면, 후방 밴드는 하방 전위를 막는다(그림 10). 내회전과 외전시, 하관절상완인대 복합체의 전방 밴드는 하방 전위를 저지하기위해 하방으로 움직이고, 후방 밴드는 후방 전위를 막기위해 후상방으로 이동한다.

견관절의 90도 외전과 30도 신전위에서, 하관절상완인대 복합체의 전방 밴드는 전방과 후방전위에 대항한 주요 안정자가 된다.

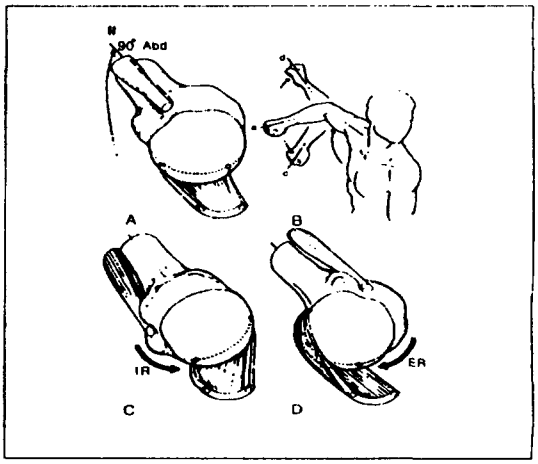

그림 10. 중립위, 외전과 내회전, 외전과 외회전시 하관절상완인대의 기능을 나타냄.

일반적인 법칙으로써, 상부 관절낭 구조는 팔이 내전위가 될 때 관절 안정성에 중요한 역할을 담당하며, 반대로 하부 구조는 90도 외전위에서 완전 거상 범위에서 관절 안정성에 탁월하다. O' Connell 등(1991)은 다양한 팔 자세에서 관절상완인대내에 생기는 긴장(strain)의 정도에 대해 보고했다. 그들은 하관절상완인대 복합체내의 긴장 집중은 90도 외전위에서 일어나며 : 45도에서는 하관절상완인대 복합체와 중관절상완인대가 가장 높은 긴장을 야기하며 : 0도위에서는 긴장이 상,중관절상완인대내에 집중된다고 했다.

견관절 탈구에 요구되는 힘은 20세 이하와 40세 이상의 연령군에서는 감소하는 것과 같이 연령에따라 변한다. 견관절의 전방 탈구는 주로 유년시절에 일어난다. 그러나 외상성 견관절 불안정성은 젊은층이나 노령층 모두에서 일어나기 쉽다. 유년층(25세이하)에서 급성 전방 불안전성을 경험한후, 재발율은 60-94% 정도로 높다. 유사한 상황시 노령층에서는 재발율이 더 낮게 나타난다(Sonnabend, 1994; Thay 등, 1999). Matsen 등(1990)은 그들의 폭넓은 경험에서, 외상성, 한방향성 전방 상완견관절 불안정성을 가진 환자의 97%가 중, 하관절상완인대의 관절순 부착부의 파손을 가진다고 보고했다. 이를 전-하방 관절순과 하관절상완인대 시작부의 열상인 Bankart 병변이라 한다. 노인연령에서는, 급성 전방 상완견관절 탈구의 일반적인 후유증은 회전근개의 열상이 된다. 회전근개는 외측 관절낭과 합류되기 때문에, 그 결과 외측 관절낭의 절출(avulsion)을 초래한다. Baker 등(1990)은 급성 전방 탈구시 나타나는 Bankart 병변을 세 형태로 분류했다. 단계 I : 관절순의 병변없이 관절낭의 열상이 있는 경우 ; 단계 II : 부분적인 관절순 박리(detachment)와 동시에 관절낭의 열상: 단계 III : 관절순과 관절낭의 완전한 열상 및 박리. 부가적으로 병변의 단계에 따른 불안정성 정도를 볼수 있는데, 단계 I은 안정적이며, 단계 II는 경미한 불안정성을 보이고 단계 III 병변은 상당한 불안정성을 가진다.

결론적으로 관절상완인대는 다양한 복합적인 운동시 상완골두를 관절와내에 중심화시키는데 중요한 역할을 한다. 상완견관절 동작은 운동시 많은 양의 긴장을 발생시키는 수동적인 조직 구속물에 의해 안내된다. 전-하방 관절상완인대의 불충분한 길이는 충돌(impingement)과 견관절 통(shoulder pain)을 야기하는 중요한 역학적 요인이 된다. 이들에 대한 치료 목표는 전-하방 관절상완인대에 중점을 둔 특수한 가동기법을 통해 관절낭 조직의 정상적인 길이를 회복하는 것이다(Rick 등, 1996).

4) 관절내 압력과 관절 응집력(Intraarticular Pressure and Joint Cohesion)

정상적인 상완견관절에서, 관절낭은 밀폐되어 있고 안정성을 강화한다. 정상적으로 낭내에는 매우 적은 액이 (1ml 이하) 존재한다. 이러한 제한된 관절액 용량은 펌프-모양의 흡입기와 유사한 작용으로 점성력과 분자간 장력과 함께 관절면을 유지시킴으로써 관절 안정성에 보조 역할을 담당한다. 부가적으로 정상적인 관절내압은 음압으로, 상완견관절 전위를 저지하는 상대적인 진공상태를 만든다. 이러한 안정성 압의 크기는 약 20-30lbs로 적다. 만약 이러한 특성이 관절낭내의 손상이나 천자(puncture)에 의해 손상되면, 공기나 액이 유입되어 아탈구가 일어나게 된다(Matsen 등, 1990; Wilk 등, 1997). Kumar와 Balasubramianium(1985)는 관절낭이 천자되면(18-gauge neddle), 관절낭에서의 천자 위치와 관계없이 상완골두는 아탈구되기 쉽다고 했다. Gibb 등(1991)은 배농기법(venting : 관절낭내에 작은 구멍을 만들거나 천자하는 것)시 상완골두를 전방으로 전위하는데 필요한 힘이 55% 감소된다고 했다. 그 외 Wuelker 등(1994)은 배농기법(venting)이 전방으로의 전위는 47%, 후방으로의 전위는 49%, 하방으로의 전위는 61% 증가시킨다고 했다. 또한 점성과 분자간 장력의 진공효과는 불안정한 견관절(Bankart lesion)에서는 상실되며 관절순이 그 역할과 유사한 작용을 한다고 했다. 그러므로 일단 관절순 파손이 일어나면, 공기압력에서의 변화가 초래되어 상완견관절 수동안정성은 소실된다.

2. 동적인 안정자(The Dynamic Stabilizer)

1) 회전근개와 주위 근육들의 작용

동적 안정자는 견관절의 안정성을위해 몇가지 능동적인 기전에 참여한다. 상완견관절의 일차적인 능동적 안정자에는 회전근개(극상근, 극하근, 소원근, 견갑하근), 삼각근과 상완이 두근의 장두가 포함된다. 두번째 안정자 역할을 하는 근육에는 대원근, 광배근, 대흉근이 해당된다. 일차적인 안정자 근육들의 주요 역할은 능동적인 팔 운동시 상완골두의 안정성을 강화하기 위한 결합된 근수축력을 생성하는 것이다(Wilk, 1997).

이들 근육들은 팔 운동 생성을 위한 주동근/길항근 관

계로 함께 작용하면서 상완견관절을 안정화시킨다. 과거 이들 근육들을 힘쌍(*force couple*)으로 정의했다. 힘쌍의 정의는 방향은 반대이고 크기가 동일한 두 힘이 무게중심으로부터 동일한 거리에 있는 구조에 적용될 때 일어나는 현상을 말한다. 견관절에서 가장 대표적인 두 가지 힘쌍관계는 횡단면상에서 견갑하근과 상대역할을 하는 극하근/소원근의 관계와 관상면상에서 삼각근과 상대역할을 하는 하부 회전근개이다. 이들 힘쌍의 기능은 어떠한 팔 자세에서도 상완견관절이 동적 균형을 이루게 하는 것이다(Wilk 등, 1997).

Speer과 Garrett(1994)는 상완견관절에서 힘쌍의 한 그룹은 주동근과 협력근으로 작용하고, 다른 그룹은 상완골두와 관절와 사이에서 일어나는 동작을 위한 안정된 받침점을 이루는 회전근개의 한부분이 해당된다. 동적인 근전도 상에서, 회전근개의 모든 근육들과 삼각근은 굴곡과 외전 전범위를 통해 작용한다. 그러므로 회전근개는 삼각근에 의해 생성된 전단력을 중화시키는 작용을 한다. 이러한 회전근개의 조합된 협력 작용은 관절와내로의 상완골두 압축을 야기시켜 관절안정성에 기여한다(그림 11, 그림 12). 그러므로 회전근개와 삼각근의 상호 반대적인 작용에대한 적절한 용어는 "힘쌍 관계(force couple relationship)"보다는 "힘의 균형(balance of forces)"이 더 적절할 것이다. 관절 압축 부하가 증가되면 관절와내로의 상완골두 "중심화(center)"가 일어나, 일탈성 전위가 감소된다. 임상적으로 이들 근육장력들이 적절히 균형을 유지하지 못할 때, 비정상적인 상완견관절 역학기전이 일어난다. 예를들어 overhead athlete들은 후방 견관절의 현저한 약화(예, 외회전근의 약화)와 통증을 가지게 되는데, 이는 전 후방 회전근개간 힘쌍의 불균형에 의해 안정성이 소실되기 때문에 발생한다.

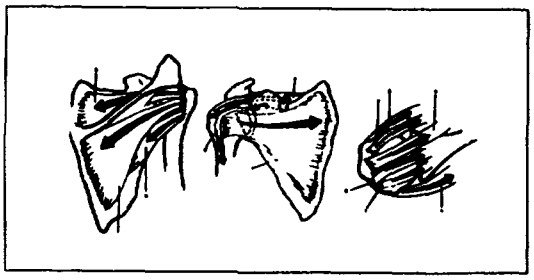

그림 11. 동적인 관절 안정성. 회전근개와 삼각근의 동시수축은 관절강내로의 상완골두 압축을 야기해 상완골두 전위를 최소화한다. A) 후면, B) 전면, C) 상면. (1) 삼각근이 전부, (2) 극하근, (3) 소원근, (4) 견갑하근, (5) 극상근, (6) 상완이두근의 장두.

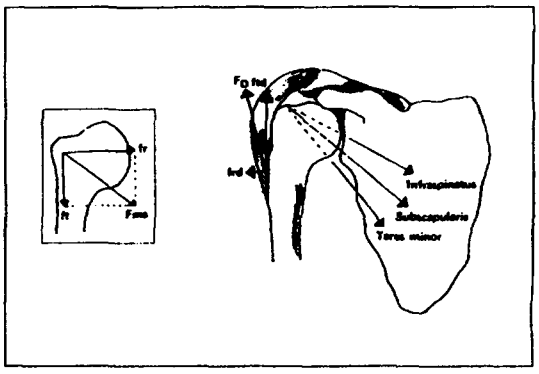

그림 12. 삼각근(FD)과 회전근개근의 힘쌍관계를 보여주는 견갑골과 상완골의 전후면. 합성력(Fms)은 상완골 외전운동시 관절와와 상완골두의 관절화를 유지시킨다.

극하근은 회전근개의 후방 구성요소에 속하며, 상완견관절 외회전근에 중요하게 작용한다.

극하근은 굴곡과 회전시 상완견관절의 중요한 능동적인 안정자가 된다. 외전시 후방으로 당겨짐에 따라 상완골두를 관절강내로 누르게 되고, 굴곡시 원심성 수축에 의해 상완골두를위한 안정적인 받침대를 제공한다. 전반적인 관절 이완을 가진 환자들의 경우, 굴곡시 극하근의 활동이 증가되며 외전과 외회전시 활동이 감소됨을 보인다(A. Halder 등, 2000).

40세 이후의 재발성 후방탈구자의 경우 후관절낭과 함께 극하근과 소원근에서의 열상을 나타난다. 후방탈구의 가상 실험에서, 후관절낭과 소원근의 파손이 극하근의 병변과 같이 일어난다. 후방탈구는 팔이 내전과 내회전될 때 일어나며, 후관절낭에 뚜렷한 상완견관절 인대가 없음에도 불구하고 전방탈구보다는 드물게 일어난다. 여기에 극하근 건의 역학적인 특성과 후방탈구의 자세기전이 기여한다고 본다(A. Halder 등, 2000). 회전근개의 열상이 있을 때, 극하근과 견갑하근이 상완골두의 중심화를 유지할수 있다면 상완견관절 동작 패턴은 변경되지 않는다.

회전근개의 기능적인 능력은 관절자세에의해 현저한 영향을 받는다. 예를들어, 낮은 범위의 거상시 견갑하근의 건은 수축할 때 전방전위를 제한하는데 효과적인 위치인 관절의 전방에 놓여 있다. 반대로 팔이 거상됨에 따라 견갑하근의 작용선은 관절에 대해 상방으로 움직이므로 전방전위을 제한하는 효율성은 떨어진다. 즉 팔이 거상을 시작할 때 회전근개의 동적 근전도 활동 또한 어느

지점까지 증가된 다음, 팔이 거상을 지속함에따라 근활동도 점차 감소된다. 부가적으로 90도 외전위에서 수행하는 내회전 외회전 근력강화 운동이 0도나 45도 외전위에서 시행하는 운동과 비교해 모든 회전근개(특히 극하근과 극상근)의 근전도 활동이 크게 증가되었다. 팔이 90도 범위까지 거상됨에따라, 상완골두를 동적으로 조절하고 안정화하기 위해 회전근개의 요구도는 증가된다(Wilk 등, 1993; Wilk등, 1997).

견관절 안정성에 대한 상완이두근의 역할은 문헌마다 논쟁이 되는 주제가 되고 있다. 여러 연구자들은 상완이두근 장두의 수축은 상완견관절 전위에 중요한 영향을 끼치며 이는 팔의 자세에 달려있다고 했다. 상완이두근 내의 장력은 팔이 내회전될때는 전방전위를 감소시키고 팔이 외회전될때는 후방전위를 감소시킨다. 부가적으로 상완이두근의 효과는 중간거상위(midelevation)에서 더 현저히 나타난다. 중간거상위에서 상완이두근의 안정성 효과는 상·중관절상완인대와 근접한 관절순으로 향하는 이두근의 정지부와 연관이 있을 것이다. 그러므로, 일단 상완이두근의 정지부(장두)에서 관절순 열상이 일어나면, 상 중관절상완인대의 고정부가 손상받게 되어 상완견관절을 안정화시키는 고유의 기능이 영향을 받게 된다(Wilk 등, 1997).

2) 관절낭과 회전근개 건의 상호작용

상완견관절의 능동적인 안정자에 기인하는 두번째 방법은 회전근개의 건과 관절낭이 서로 썩여 있음으로써 일어난다. 회전근개가 수축함으로써, 관절낭인대내에 장력이 생성되어 관절상완인대성 낭을 견고하게 하여 관절와내에 상완골두의 중심화를 촉진시키게 된다. 관절낭과 회전근개의 혼합은 상완골두 전위를 저지하는 능동적, 수동적인 장벽을 만든다. 부가적으로 이들 조직들은 다양한 활동시 견관절에서 생기는 반복적인 미세손상성 긴장(microtraumatic stress)을 흡수하고 분산시키는 작용을 한다(Clar과 Harryman, 1992, Wilk 등, 1997).

3) 신경근육계 조절(neuromuscular control)

동적인 견관절 안정성에 기여하는 세번째 구성요소는 "신경근육계 조절"이다. 이 개념은 구심성 입력과 원심성 출력의 지속적인 상호작용으로 언급된다. 그러므로 관절위치(고유수용성)에 관한 인식력과 관절을 안정화시키거나 변경하기위한 자발적인 근수축력의 생성 능력은 과도한 상완골두 전위를 예방할수 있다(Wilk 등, 1997).

관절위치에 관한 정보는 다양한 근원으로부터 획득된다. 시각(vision)은 운동의 정확성과 방법에 중요한 역할을 담당한다. 관절 수용기와 근방추와 같은 고유수용기는 관절낭, 근육, 건의 역학적인 변형으로부터 관절 위치를 감지한다(Forwell과 Carnahan, 1996). Tearse 등(1994)은 관절낭순 구조(capsulolabral structure)내에, 특히 상완견관절 낭의 하부영역에, 루피니 소체와 파시니안 소체와 골지 기계수용기가 존재한다고 했다. 이러한 신장-민감성 기계수용기(stretch-sensitive mechanoreceptor)들은 긴장에 의해 작용하므로, 과도한 운동시 인대를 보호하기 위한 근 수축을 야기하게 된다.

상지 조절에 있어 고유수용성 기여도는 근위부 관절인 견관절에서 가장 현저하므로, 상완견관절의 지지구조물에대한 긴장과 손상이 증가되면 체지 자세를 조절하기 위한 고유수용성 정보 이용 능력이 결과적으로 손상될수 있게 된다고 가정할수 있다(Hall과 McCloskey, 1985, Forwell과 Carnahan, 1996). 결론적으로 상완견관절 불안정성의 또다른 요인으로 상완견관절의 운동감각과 신경근육계 조절의 부족이 해당될 것이다. 불안정성 견관절은 정상적인 견관절과 비교해 자세 감각의 차이를 보인다. 고유수용성은 근 피로에 현저한 영향을 받으므로, 근육의 기계수용기가 고유수용성 기능에 중요한 역할을 한다. 근방추는 구심성·원심성 신경지배를 받으며 관절 위치에 관한 정보를 제공한다(Voight 등, 1996; Wilk 등, 1997).

능동적인 운동시 견관절을 조절하는 능력을 "반응성 신경근육계 조절(reactive neuromuscular control)"로 언급한다. 반응성 신경근육계 조절이란 고유수용성 정보를 통합하고 정보에 반응하기 위한 운동조절 능력을 말한다. 플라이오메트릭(plyometrics), 고유수용성신경근촉진법(PNF)과 반응성 근훈련법(reactive muscular training drills)과 같은 진보된 운동들은 견관절에서의 반응성 신경근육계 조절을 재확립하는데 도움이 될것이다(Wilke 등, 1993).

4) 견흉곽 근육(scapulothoracic musculature)의 기능

견갑골의 주요 기능은, 첫째 견갑골과 상완견관절 근육들을위한 부착부를 제공하고, 둘째 상완골의 기능을

발휘하도록 안정된 기저면을 제공하고, 셋째 상완견관절을 위한 일정하면서도 효율적인 길이-장력 관계를 유지시켜줌으로써 견관절 안정성에 기여하는 것이다. 이는 견갑상완 리듬(scapulohumeral rhythm)의 상호작용을 통해 수행되며, 상완견관절 근육들이 효율적으로 작용하게 한다.

견흉곽 근육들에는 승모근(상,중,하), 견갑하근, 능형근, 소원근, 전거근(상, 하부)이 속하며, 이들 근육들은 안정성을 제공하기위해 협력적인 방법으로 작용한다. 손상이나 약화시 견갑골의 운동성과 상완견관절 기능에 현저한 영향을 미치게 된다(Wilk 등, 1997).

Itoi 등(1992)은 견갑골의 기울기 각도와 하방 불안정성의 효과를 조사했다. 실험용 사체 견관절과 전자기 추적 장비를 사용해, 저자는 견갑골 기울기각은 내전된 팔의 하방 전위를 예방하는데 현저한 효과가 있다고 보고했다(그림 13). Warner 등(1992)은 견갑골 근육의 기능장애와 전하방 견관절 불안정성 간의 관계를 보고하면서, 견갑골 근력강화 운동을 규칙적으로 수행하는 것은 견관절 불안정성을 가진 환자를위해 아주 중요하다고 했다. 특히 견갑골 후인근(능형근, 승모근의 중부섬유), 전인근(전거근, 소흉근)과 상방회전근(승모근의 상·하부섬유와 전거근 하부섬유)을 강조했다. 임상적으로 비외상성 다방향 견관절 불안정성을 가진 환자들의 경우 이들 근육군이 약화되므로, 이들 근육들의 근력강화 운동은 직·간접으로 상완견관절 안정성을 강화하는데 보조역할을 한다. 결론적으로, 견흉곽 관절의 안정성은 주로 견흉곽 근육들에 의존하고, 이들 근육들의 약화는 견갑골의 기능적 안정성 부족을 야기하므로 직접적으로 상완견관절 근육들의 정상적인 기능에 영향을 주게 된다.

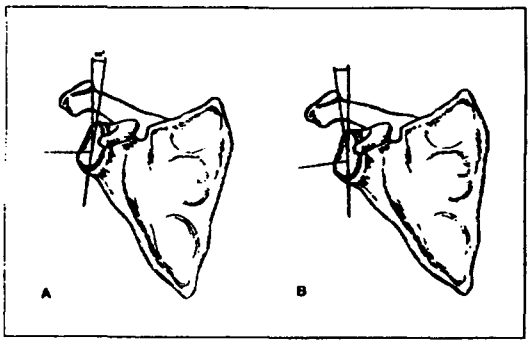

그림 13. 견갑골의 기울기각(관절와의 상부 경사각). A) 정상적인 견갑골 기울기각(3-5도), B) 비정상적인 기울기각(3도이하)은 내전위에서 상완골두의 하방 전위를 야기한다.

Ⅲ. 결 론

앞서 언급했듯이, 상완골두는 전 운동범위를 통해 관절와와 접촉을 유지하며, 정상관절의 어떤 동작시에도 단지 몇 mm의 전위만 일어난다. 이를 위해 수동적인 구속물(골격 구조, 관절순, 인대구조)과 능동적이 구속물(신경근육계 조절)을 포함한 수많은 해부학적 구조물들이 상완견관절의 안정성에 기여한다. 특히 전-하방 운동을 조절하기 위한 전-하방 관절낭인대 기전은 가장 중요한 안정자로 여겨지고 있다. 즉 주요 안정자로써의 관절낭의 전-하방 부분은 외회전이 동반된 외전운동과 전방 불안정성에 대한 중요한 안정적 역할을 담당하고 있다(Wilk 등, 1997)

상완견관절의 관절 기하학을 보면, 운동성을 위해서는 가장 적합하지만 안정성을 유지하기 위해서는 인대구조와 신경근육계 조절의 복잡하고 정교한 상호작용에 의존해야만 한다. 이러한 관절 기하학 때문에 상완견관절의 불안정성은 정형외과영역과 스포츠 의학영역에 종사하는 임상가들이 가장 일반적으로 접하게 되는 상태이다. 앞서 말한 안정적 구조물들은 전-하방 상완견관절 탈구, 아탈구 또는 견관절 복합체의 기능적 기전의 부재에의해 손상받게 된다. 또한 견흉곽 관절의 신경근육계 안정성이 최적상태를 유지하지 못하면, 관절와는 전방으로 기울어져 전방 구조물에 과도한 긴장을 주게 된다. 불안정성에 기인하는 또다른 인자는 상완견관절의 신경근육계 조절과 운동감각 민감도의 부족이 해당된다(Forwell과 Carnahan, 1996).

상완견관절의 불안정성에 대한 진단과 치료를 위해서는 안정적 구조물들의 구조와 기능에 대한 이해를 통해서만 가능하다. 이에 대한 기초지식을 가지고 먼저 견관절 불안정성에 대한 사정이 이루어져야 한다. 상완견관절의 낭이 많은 양의 운동을 허용할만큼 충분히 느슨하기 때문에, 정상적인 관절낭 패턴과 병리적인 형태를 구별하는 것이 매우 어렵다. 정확한 사정방법에는, 환자의 병력, 신체 검진, 방사선적 검진등이 포함된다. 환자 병력에는 다양한 주관적인 정보와 환자의 주 호소(chief complaint)가 포함된다. 신체검진 영역에는 위축에 대한 시진, 압통에 대한 검사, 관절가동범위와 근력검사와 환자의 증상을 재확인하기위한 증세유발 검사(provocative maneuvers)가 포함된다. 방사선 영상법(즉 X-ray, 관절조영술, 관절경검사법, MRI)은 인대 또는 관절순 열상의 정확한 진단을 위해 사용된다.

그러나 비외상성 불안정성일때는 이들 영상기법이 비효율적이며 거의 사용되지 않고, 주로 신체검진에 의존하게 된다. 신체검진은 불안정의 정도와 형태를 정의하는데 있어 가장 중요한 단계이다. 증세유발 불안정 검사 또한 진단과 치료방법을 계획하고, 상완골두의 전위를 사정하고, 전위에 따른 환자의 증상을 평가하고 상완견관절 병리기전을 추론하는데 유용하게 사용된다 (Brenneke 등, 2000).

결론적으로, 본 연구에서는 상완견관절에 대한 다양한 안정적 구조물에 대해 논의하였다. 이러한 기초 지식이 견관절 불안정을 가진 환자의 평가와 치료 접근에 도움이 되길 바란다.

〈 참 고 문 헌 〉

A. Halder Me, Zobitz F, Schultz KN : Mechanical properties of the posterior rotator cuff. Clinic Biomechanics 15: 456-462, 2000.

Altchek DW, Schwartz E, Warren RF : Radiologic measurement of superior migration of the humeral head in impingement syndrome. Presented at the annual meeting of the American Shoulder and Elbow Surgeons, New Orleans, LA, February8-12, 1990.

Baker CL, Uribe JW, Whitman C : Arthroscopic evaluation of acute initial anterior shoulder dislocation, Am J Sports Med 18(1): 25-28, 1990.

Basmajian JV, Bazart FJ : Factors preventing downward dislocation of the adducted shoulder joint, J Bone Joint Surg 41A: 1182-1186, 1959.

Bowen MK, Deng XH, Hannafin JA, et al : An analysis of the patterns of glenohumeral joint contact and their ralationship to the glenoid bare area, Trans Orthop Res Soc 17:496(abstract), 1992.

Brenneke SL, Reid J, Ching RP, et al : Glenohimeral kinematics and capsulo-ligamentous strain resulting from laxity exams, Clinic Biomechanics 15: 735-742, 2000.

Brewer BJ, Wubben RG & Carrera GF : Excessive retroversion of the glenoid cavity, J Bone Joint Surg 68A: 724-726, 1986.

Clark M, Harryman DT : Tendons, ligaments and capsule of the rotator cuff, J Bone Joint Surg 74A: 713-725, 1992.

Cooper DE, Arnoczky SP, O'Brien SJ, et al : Anatomy, histology and vasculrity of the glenoid labrum:An anatomical study, J Bone Joint Surg 74A: 46-52, 1992.

Forwell LA, Carnahan H : Proprioception during manual aiming in individuals with shoulder instability and controls, J Orthop Sports Phy The 23: 111-118, 1996.

Gibb TD, Sidles JA, Harryman DT, et al : The effects of capsular venting on glenohumeral laxity, Clin Orthop 268 : 120-127, 1991.

Gohlke F, Essigkrug B & Schmitz F : The pattern of the collagen fiber bundles of the capsule of the glenohumeral joint, J Shoulder Elbow Surg 3 : 111-128, 1994.

Howell SM, Galinet BJ, Renzi AJ, et al : Normal and abnormal mechanics of the glenohumeral joint in the horizontal plane, J Bone Joint Surg 70A : 227-232, 1988.

Howell SM, Kraft TA : The role of the supraspinatus and infraspinatus muscles in the glenohumeral kinematics of anterior shoulder instability, Clin Orthop 263 : 128-134, 1991.

Ianotti JP, Gabriel JP, Schneck SL, et al : The normal glenohumeral ralationship : An anatomical study of one hundred and forty shoulders, J Bone Joint Surg 74A : 491-500,1992.

Itoi E, Motzkin NE & Morrey BF : Scapular inclination and inferior stabilit of the shoulder, J Shoulder Elbow Surg 1: 131-139, 1992.

Lephart SM, Warner JJP, Borsa PA, et al : Proprioception of the shoulder joint in

healthy, unstable, and surgically repaired shoulder, J Shoulder Elbow Surg 3(6) : 371-380, 1994.

Matsen FA, Thomas SC & Rockwood CA : Anterior glenohumeral instability. In : Rockwood CA, Matsen FA(eds), The Shouler, Philadelphia: W.B. Sauders Company, 1990.

O'Brien SJ : Glenoid labral lesions, Presented at the 1994 Advances of the Knee and Shoulder, Hilton Head, SC, MAy, 1994.

O'Brien SJ, Neves MC, Arnoczky SP, et al : The anatomy and histology of the inferior glenohumeral ligaments complex of the shoulder, Am J Sports Med 18 : 449-456, 1990.

O'Conell PW, Nuber GW, Mileski RA, et al : The contribution of the glenohumeral ligaments to anterior stability of the shouler joint, Am J Sports Med 18: 579-584, 1991.

Pagnani MJ, Warren RF : Stabilizers of the glenohumeral joint, J Shoulder Elbow Surg 3 : 173-190, 1994.

Pavlov H, Warren RF, Weiss CB, et al : The roentgenographic evaluation of the anterior shoulder instability, Clin Orthop 194: 153-158, 1985.

Rick H, Chris D & Sarah S : Anterior-inferior capsular length insufficiency in the painful shoulder, J Orthop Sports Phy The, 23: 216-222, 1996.

Saha AK : dynamic stability of the glenohumeral joint, Acta Orthop Scand 42 : 491-505, 1971.

Soslowsky LJ, Flatow EL, Bigliani LU, et al : Quantitation of in 나서 contact areas at the glenohumeral joint: A biomechanical study, J Orthop Res 10: 524-535, 1992.

Tearse DS, Robinson A, Koch B, et al : Mechanoreceptors in human shoulder capsule and labrum. Presented at the annual meeting of the American Orthopaedic Society, New Orleans, LA, Febrary, 1994.

Thay QL, James D, Matthew DS, et al : Age related biomechanical properties of the glenoid-anterior band of the inferior glenohumeral ligament-humerus complex, Clinic Biomechanics 14: 471-476, 1999.

Vanderhooft E, Lippett S, Harris S, et al : Glenohumeral stability from concavity-compresssion: A quantitative analysis, Orthop Trans 16: 774(abstract), 1992.

Vight ML, Harden JA, Blackburn TA : The effects of muscle fatigue on the relationship of the arm dominance to shoulder proprioception, J Orthop Sports Phys Ther 23: 348-352, 1996.

Warner JJP, Deng XP, Warren RF, et al : Static capsular ligamentous constraints to superior-inferior translation of the glenohumeral joint, Am J Sports Med 20: 675-685, 1992.

Warren RF, Kornblatt IB & Morehand R : Static factors affecting posterior shoulder stability, Orthop Trans 8: 89-93, 1984.

Wiley AM : Arthroscopy for shoulder instability and a technique for arthoscopic repair, Arthroscopy 1: 250-330, 1988.

Wilk KE, Fleisig GS, Escamilla RF, et al : The electromyographic activity of the shoulder muscles during various exercise, 1994.

Wilk KE, Arrigo CA & Andrews JR : Currents concepts: The stabilizing structure of the glenohumeral joint, J Orthop Sports Phy The 25: 364-378, 1997.

Wuelker N, Brewer F & Sperveslage C : Passive glenohumeral joint stabilization: A biomechaniclal study, J Shoulder Elbow Surg 3 : 129-134, 1994.