대한고유수용성신경근촉진법학회 : 제3권 제1호, 2005년 7월
J. of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association
Vol.3, No.1, July 2005. p.47~53

고유수용성 신경근 촉진법과 견갑골 움직임

김 재 헌

선린대학 물리치료과

Proprioceptive Neuromuscular Facilitation and Scapular Movement

Jae-hun Kim, P.T., M.S.

Department of Physical Therapy, Sunlin college

<Abstract>

Purpose : To describes the important aspects of scapular movement and function used when applying PNF technique to the upper limb and scapular.

Method : The scapular was a very important roles in the upper limb movement. This study summarizes the physiologic movement of scapular to the PNF upper extremity patterns or scapular patterns.

Result : The shoulder joint has the most freedom of range of motion in the human body, composed of the glenohumeral joint, the subacromial joint, the acromioclavical joint, the sternoclavicular joint, the scapulothoracic joint, the costosternal joint, and the costovertebral joint. During upper limb movement, the scapular position change at the sternoclavicular joint and the acromioclavical joint. This concerted motion was characterized by scapulohumeral rhythm. In clinical situations, it is import to understand factors affect the scapulohumeral rhythm so that optimal evaluation and therapeutic intervention can be devised.

Conclusions : The scapular movement depend on the proper and coordinated contraction of muscles. Physical therapists need to understand the normal scapular movement relationships of the scapulohumeral rhythm under different interventions for PNF techniques application.

Key wards : Scapula, Proprioceptor, Scapulohumeral rhythm, PNF

교신저자 : 김재헌(선린대학 물리치료과, 전화 (054) 260-5664, e-male: kjhc@sunlin.ac.kr)

Ⅰ. 서 론

어깨관절은 자유도 3으로 인체에서 움직임이 가장 큰 관절 중 하나로(신문균 등 1998), 상완관절, 견봉하관절, 견쇄관절, 흉쇄관절, 견흉관절, 늑골흉추관절, 늑골척추관절 등의 7개관절로 구성되어 있다(Calliet, 1980). 어깨관절은 움직임을 수행하기 위하여 여러 관절들의 운동성과 함께 안정성이 동시에 요구되는 복합적인 구조 이다(권오현 등 2003; 이진희와 김진상, 2000; Dvir과 Berme, 1978; Griffin, 2003; Lephart, 2000; McMahon, 2002; Mylers, 2002; Sahs, 1971). 따라서 21%~34%의 사람들이 한번 이상 어깨관절의 문제를 경험하게 되며, 재발될 확률도 높은 편이다(Price 등, 2000; Joanne 등 1993).

어깨관절의 병변이나 근 위축 또는 근 피로 등으로 견갑골의 비정상적인 움직임이 일어나며, 반대로 견갑골의 비정상적인 움직임으로 어깨관절의 문제가 발생하기도 한다. 따라서 어깨관절의 문제를 해결하기 위해서는 견갑골의 움직임에 대한 이해가 있어야 한다(김재헌, 2002). 견갑골은 어깨관절의 근육 부착점 역할을 하며, 상완골의 운동성을 위해 안정성을 제공하고, 상완관절 주변 근육의 길이와 장력관계를 일정하고 효율적으로 유지시켜 어깨관절의 안정성을 제공하는 역할을 한다(이진희와 김진상, 2000). 또 견갑골을 후인시켜 상지의 에너지를 저장 하였다가 전인시키면서 에너지를 최대로 방출 한다. 또 인체의 근위부에서 원위부로 힘과 속도, 에너지 등을 전달하는 역할을 한다(Kibler, 1998). 이와 같이 견갑골은 상지의 사용에 있어 가장 중요한 구조라고 할 수 있다.

고유수용성 신경근 촉진법의 견갑 패턴과 상지 패턴, 보행 패턴에서 견갑골의 움직임과 위치 등을 강조하고 있다. 적절한 견갑골 패턴과 상지 패턴은 상지의 운동성과 안정성을 회복시켜 상지의 기능을 향상시키려는 목적으로 시행한다(배성수, 1993; 배성수 등, 1998; Adler 등, 1993; Knott와 Voss, 1968). 상지의 운동성과 안정성에 중용한 요소가 바로 견갑골의 운동성과 안정성이다(김재헌, 2002; Bagg와 Forrest, 1988; Nyland 등, 1998).

고유수용성 신경근 촉진법의 상지 패턴과 견갑골 패턴을 많이 사용하고 있으나, 견갑골의 움직임에 대한 이해가 부족하다. 따라서 본 연구는 상지 패턴과 견갑골 패턴을 사용하는 물리치료사들에게 견갑골의 움직임에 대한 이해를 돕고자 한다.

Ⅱ. 본 론

A. 견갑골 패턴과 상지 패턴

견갑골과 상완골의 움직임은 단순한 관상면, 시상면, 횡단면에서의 일어나는 것이 아니라 여러면에서 일어나기 때문에 측정하기 어렵다(Doody 등, 1970; Price 등, 2000). 특히 견갑면에 어깨 외전이 일어나면 관상면에서 일어나는 경우 보다 상완골의 외회전이 적게 일어난다(Poppen과 Walker, 1976). 또 견갑상완의 근육 작용선이 견갑면 위에 있음으로 효과적인 근육활동으로 움직임이 더 용이한 장점이 있다(채윤원, 1998; Doody 등, 1970; Poppen과 Walker, 1976). 갑골이 관상면보다 30~40° 전방으로 기울어져 있으며, 아랫부분이 10~20° 정도 들여져 있기 때문에 상지의 이상적인 운동면이라 불리는 견갑면이 관상면 보다 전방으로 30~40° 기울어져 있는 것이다(Flatow, 1993; Ludewig 등, 1996; Kabat와 Knott, 1953; Whitcomb 등, 1995).

1. 견갑골 패턴

대각선이며 대단위운동인 고유수용성 신경근 촉진법의 견갑 패턴은 전방거상과 후방하강, 그리고 후방거상과 전방하강으로 구성된다(배성수, 1993; 배성수 등, 1998; Adler 등, 1993; Knott와 Voss, 1968). 이들 움직임은 단순한 관상면, 시상면, 횡단면에서의 움직임이 아니라 다양한 운동면에서 일어나는 복합적인 움직임이다.

2. 상지 패턴

상지 패턴은 견관절 굴곡, 외전, 외회전(diagonal 2 flexion : D2F) 동작과 견관절 신전, 내전, 내회전(diagonal 2 extension ;D2E) 동작, 견관절 신전, 외전, 내회전(diagonal 1 extension : D1E) 동작, 그리고 견관절 굴곡, 내전 내회전(diagonal 1 flexion : D1F) 동작으로 D2F와 D2E, D1F와 D1E가 각각 짝을 이루는 대각선 운동이다(배성수, 1993; Adler 등, 1993; Knott와 Voss, 1968; Kabat,

1952). 이는 하나의 운동면에서의 일어나는 움직임이 아니라 세운동면에서 동시에 일어나는 복합적인 움직임이며, 하나의 관절에서 일어나는 움직임이 아니라 여러 관절에서 함께 일어나는 움직임이다.

B. 견갑골의 생리학적인 움직임

견갑골이 흉골 쪽으로 가까워지는 움직임을 전인이라 하며, 척추 쪽으로 가까워지는 움직임을 후인이라 한다. 시상축을 기준으로 견갑골의 하각이 올라가는 회전을 상방회전이라 하고 반대를 하방회전이라 한다. 또 이동 흉곽을 따라 상하로 이동하는 거상과 하강이 있다. 부가적으로 견갑 익상(scapular winging)과 티핑(tipping)이 일어난다. 익상과 티핑은 흉곽이 둥글기 때문에 견흉관절 사이가 동일한 간격을 유지하기 위해 일어나는 움직임으로 전인이 일어 날 때 견갑골의 내측연이 들려지는 움직임이 익상이며, 견갑골의 거상이 일어 날 때 견갑골의 하각이 들리는 움직임이 티핑이다(Neumann, 2002; Nordin과 Frankel, 2001; Norkin과 Levangie, 2001).

C. 견갑골을 움직이는 근육

견갑골 주위 근육의 동원으로 적절한 견갑골의 움직임이 일어난다. 적절한 견갑골의 움직임은 근육의 길이와 장력 기전에 유효성을 높이고, 견봉의 충돌 현상을 막을 뿐 아니라 전단력을 감소시켜 상완관절의 일치성을 높여 준다(Rockwood와 Matsen, 1990; Kisner와 Colby, 1996; Norkin과 Levangie, 1992). 근육의 부착점인 견갑골은 힘점으로 작용한다. 상완관절에서 보면 삼각근, 이두박근, 삼두박근 등의 외재근들은 상완관절의 움직임을 만들어 내며, 회전근개인 견갑하근, 극상근, 극하근, 소원근과 같은 내재근은 효과적인 움직임을 위해 견갑골과 상완골의 정렬을 유지하여 안정성을 제공한다(Kibler, 1998; Michiels와 Grevenstein, 1995; Mosely 등, 1992; Saha, 1971).

1. 견갑골의 생리학적 움직임에 작용하는 근육

승모근 상부섬유는 견갑골의 외측각을 거상시키고, 견갑거근과 소능형근, 대능형근은 견갑골의 내측연을 거상하여 견갑골의 거상을 일으킨다. 소흉근은 견갑골을 하방 회전시키고, 전거근은 상방회전시키며, 광배근과 승모근 하섬유는 견갑골을 하강과 뒤쪽으로 당기며, 대흉근의 하부섬유는 견갑골의 하강과 전방으로 당겨 견갑골의 하강 움직임을 일으킨다. 쇄골하근은 견갑하강근으로 분류되나 영향역이 적은 편이다. 승모근의 상부섬유는 쇄골과 견봉을 위로 당기고, 승모근 하부섬유는 견갑극의 기저부에 작용하여 아래로 당기는 역할을 한다. 전거근의 하부섬유는 견갑골 내측연의 하각부를 외측 및 전방으로 당겨 견갑골의 상방회전이 일어난다. 능형근과 견갑거근이 견갑골 내측연을 상승시키고 소흉근과 대흉근 및 광배근이 외측각을 아래로 당겨 견갑골의 하방회전을 일으킨다. 전거근과 대흉근, 소흉근의 작용으로 전인이 일어나며, 승모근의 중간섬유나 능형근과 광배근의 작용으로 견갑골의 후인이 일어난다(Hollinshead와 Jenkins, 2002; Kendall 등, 1993; Neumann, 2002; Nordin과 Frankel, 2001; Norkin과 Levangie, 2001).

2. 견갑골 패턴에 작용하는 근육

견갑골 패턴에 작용하는 근육은 다음과 같다. 견갑거근, 대능형근, 소능형근, 전거근이 작용하여 견갑골은 전방거상시키고, 전거근의 하섬유와 대능형근, 소능형근, 광배근의 작용으로 후방하강이 일어난다. 위의 두 동작은 서로 짝을 이루는 동작으로 전방거상을 위해서는 후방하강근들, 후방하강을 위해서는 전방거상근들의 이완이 요구된다. 승모근과 견갑거근의 작용으로 견갑골의 후방거상이 일어나며, 대능형근, 소능형근, 전거근, 대흉근과 소흉근의 작용으로 전방하강이 일어난다. 이 두 동작도 서로 짝을 이루는 동작으로 전방하강을 위해서는 후방거상근들, 후방거상을 위해서는 전방하강근들의 이완이 요구된다(배성수 등, 1999; Kendall 등, 1993).

3. 상지 패턴에 작용하는 근육

상지 패턴에서 삼각근과 대흉근의 활성 정도는 다음과 같다. 삼각근의 중부는 견관절 굴곡, 외전, 외회전(D2F) 동작에 가장 활성화되고, 삼각근의 후부는 견관절 신전, 외전, 내회전(D1E) 동작에서 가장 활성화 되며, 삼각근의 전부는 견관절 굴곡, 내전 내회전(D1F) 동작에서, 대흉근의 흉골 부분은

견관절 신전, 내전, 내회전(;D2E) 동작에서 가장 활성화 되었다(Kabat, 1952; Knott와 Voss, 1968). 또 D2F와 D1F 동작에서 주관절을 신전하고 시행하는 것이 주관절 굴곡 때 보다 삼각근의 전부와 중부의 활성도가 높으며, D1E 동작에서도 주관절을 신전하고 시행하는 것이 주관절 굴곡 때 보다 삼각근 후부의 활성도를 높인다(Sullivan, 1980).

D. 견갑골의 움직임과 관련된 흉쇄관절과 견쇄관절에서의 움직임

견관절 복합체는 흉곽, 상완골, 견갑골, 쇄골과 이들 사이의 관절에서의 움직임이다(Engin과 Tumer, 1989; Hogfors 등, 1987). 따라서 정확한 움직임을 파악하기 위해 상완골, 견갑골, 쇄골 등의 움직임과 각 관절에서의 움직임을 동시에 분석하여야 한다(Engin, 1980). 견갑골의 움직임에 영향을 주는 흉쇄관절에서의 움직임과 견쇄관절에서의 움직임을 이해하여야 견갑골의 움직임을 이해 할 수 있다.

1. 흉쇄관절

흉쇄관절은 말안장 모양의 관절형태로 흉골에서 쇄골의 전인과 후인, 거상과 하강뿐 아니라 축회전 움직임이 일어난다. 쇄골의 전인과 후인은 흉골의 볼록한 관절면과 쇄골의 오목한 관절면 사이에서 일어나는 움직임이다. 따라서 오목법칙이 성립되어 구르기와 활주가 동일한 방향으로 일어난다. 쇄골의 거상과 하강은 흉골의 오목한 관절면과 쇄골의 볼록한 관절면 사이에서 일어나는 움직임이다. 따라서 볼록법칙이 성립되어 구르기와 활주가 반대방향으로 일어난다(Neumann, 2002; Nordin과 Frankel, 2001; Norkin과 Levangie, 2001).

2. 견쇄관절

견쇄관절은 견봉이 오목하고 쇄골이 볼록한 형태의 관절로 견갑골의 상방회전과 하방회전, 그리고 전인과 후인이 일어난다. 견갑골의 견봉이 오목한 관절면임으로 오목법칙이 성립되어 구르기와 활주 방향이 동일한 방향으로 일어난다(김선엽과 두정희, 1995; 신문균 등, 1998; Neumann, 2002; Nordin과 Frankel, 2001; Norkin과 Levangie, 2001).

E. 어깨관절의 움직임을 평가하기 위한 견갑상완 리듬

처음 Codman에 의해 어깨를 거상할 때 상완골, 견갑골, 쇄골의 통합된 움직임을 견갑상완 리듬(scapulohumeral rhythm)이라고 하였는데(Bagg와 Forrest, 1988; Calliet, 1980), 이는 어깨관절의 움직임과 기능을 알아 볼 수 있는 척도로 어깨문제점을 예견하는 중요한 자료가 된다(김재헌, 2002; McQuade와 Smidt, 1998). 연구자마다 다양한 견갑상완 리듬을 보고하고 있다. Inman 등(1944)은 견갑상완 리듬이 2:1, Doody 등(1970)은 외전 초기 30도 까지는 7.29:1이하이고 중간 범위에서는 0.79:1이하이고 마지막 범위에서는 2,73:1이라고 하였다. Freedman과 Munor(1996)는 견갑상완 리듬이 1.51:1, Poppen과 Walker(1976)는 1.25:1, Bagg와 Forrest(1988)는 7.5:1에서 1.7:1사이라고 하였으며, 김재헌(2002)은 5.07:1이라고 하였다. 김재헌(2002)과 Doody 등(1970)은 개인마다 다양한 견갑상완 리듬을 보인다고 주장하였다. 또 견갑상완 리듬이 관절 가동범위에 따라 변화한다는 학자들도 많았다(Doody 등, 1970; Freedman과 Munor, 1996; McQuade와 Smidt, 1998). 따라서 이제는 견갑상완 리듬이 단순히 2:1이라는 개념보다 개인의 다양성과 함께 상황에 따라 변화할 수 있다는 개념으로 바뀌어야 할 것이다(김재헌, 2002).

F. 어깨관절의 움직임을 조절하는 고유수용기

상완관절의 정적인 안정성 인자로 골격의 형태, 관절순의 역할, 관절낭과 인대, 그리고 관절내 압력과 응집력이며, 동적인 안정성 인자로 회전근개와 주변 근유의 수축, 신경근육계의 조절과 견흉곽 근육의 활동에 의한 견갑골의 안정성과 운동성 등이 있다(이진희와 김진상, 2000). 특히 근골계는 고유수용기에 의해 조절된다. 신체의 모든 자세와 움직임을 고유수용기의 정보 전달로 조절되어지는 것이다(Carpenter 등, 1198; Diederichsen 등, 2002). 어깨관절의 불안정성이 있는 사람들에게서 고유수용성 감각의 오류가 많이 일어난다(Barden 등, 2004). 역으로 고유용성 감각의 문제가 어깨의 불안정성을 야기 할 수도 있다.

1. 관절의 기계적 수용기

통증을 전달하는 유해 수용기는 초당 1~3m인 반면, 관절의 기계적인 수용기는 70~100m의 속도로 정보를 전달한다. 따라서 손상을 예방함에 있어 관절의 기계적인 수용기가 통증보다 더 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있다(Grigg, 1994; Lephart 등, 1997). Freemann과 Wyke(1967)는 관절의 기계적 수용기를 형태와 기능에 따라 4가지로 분류하였다. 제1형은 역치가 낮고, 정적인 관절 자세, 관절내 압력과 관절 회전속도와 회전범위를 전달한다. 제2형은 역학적 스트레스에 대한 역치가 낮고, 순응속도가 빠르며, 관절움직임의 감속이나 가속에 민감하여 역동적인 관절의 기계적 수용기라도 한다. 제3형은 역학적 스트레스에 높은 역치를 보이며 순응이 늦고, 고정된 관절에서는 작용하지 않는다. 보통 정상 관절가동범위의 끝부분에서 작용한다. 제4형은 정상적인 상태에서는 반응을 보이지 않으며, 관절의 심한 손상이나 세로티닌, 히스타민, 브라디키닌, 프로스테오글라딘과 같은 화학물질이 접촉하면 반응한다(Freemann과 Wyke, 1967; Zymny, 1988).

관절의 기계적 수용기를 자극하기 위해 관절의 압박과 신장기법 및 회전을 가미하여 관절내 있는 교원질 섬유에 긴장도를 높여 교원질 섬유내에 있는 수용기가 민감하게 반응하도록 한다. 이를 통하여 관절의 안정성과 운동성을 확보하게 되며, 통증감소와 기능향상을 가져온다.

2. 근육 수용기

어깨관절 보호를 위해서는 관절의 기계적 수용기보다 근육 수용기의 역할이 더 중요하다(Diederichsen 등, 2002). 근육 수용기는 근방추와 골지건 기관으로 근육의 길이와 장력의 변화를 중추신경계에 전달하는 기능을 한다(Moffett, 1993).

근방추의 추내근 섬유는 dynamic bag1 fiber와 static bag2 fiber, 그리고 nuclear chain fiber로 구성되어 있으며, 반사와 수의적 근수축 동안 광범위하게 일어나는 근육의 길이변화를 감지한다. Dynamic bag1 fiber는 갑작스런 근육의 길이 변화에 민감하게 반응한다. nuclear chain fiber 정적인 근육의 길이 연장에 민감하게 반응하며, static bag2 fiber는 dynamic bag1 fiber와 nuclear chain fiber 모두의 특성을 가지고 있다(Nyland 등, 1998).

골지건 기관은 건에 부착되어 있으며, 근육이 수축하면 당겨지는 건의 교원질섬유에 의해 반응한다. 골지건 기관이 활성화 되면 근육의 지배신경을 억제하고 길항근의 운동신경을 흥분시키게 된다(Lephart 등, 1997; Moffett, 1993).

근육의 장력 변화에 민감한 근육 수용기의 특성을 최대로 이용한 것이 수축-이완 기법, 유지-이완 기법 등 이다. 이 같은 기법을 통해 근육의 길이가 변하여 운동성이 향상되며, 적절한 길이와 장력 관계로 기능향상 등을 가져온다.

Ⅲ. 결 론

고유수용성 신경근 촉진법의 상지 패턴과 견갑골 패턴은 상지의 운동성과 안정성을 회복시켜 상지의 기능을 향상시키려는 목적으로 시행한다. 상지의 운동성과 안정성에 중용한 요소가 바로 견갑골의 운동성과 안정성이므로 물리치료사는 견갑골에 대한 많은 지식을 가지고 있어야한다. 고유수용성 신경근 촉진법의 견갑골 패턴과 상지 패턴은 한면이 아니라 다양한면에서 복합적으로 일어나는 움직임으로 운동면이 움직임에 따라 변화한다. 견갑골은 전인, 후인, 거상, 하강, 상방회전 하방회전의 움직임을 보이며 부가적으로 익상과 티핑이 일어난다. 견갑골은 많은 근육의 부착지로 여러 근육의 적절한 수축과 이완에 의해 움직임이 일어난다. 견갑골의 움직임은 견흉관절에서만 일어나는 것이 아니라 흉쇄관절과 견쇄관절에서 함께 적절한 움직임이 있어야만 가능하다. 어깨관절의 문제를 알아보는 척도로 견갑상완 리듬을 많이 사용되어 왔다. 보통 견갑상완 리듬이 2:1이라는 개념을 가지고 이었으나 그 보다 개인의 다양성과 함께 상황에 따라 변화할 수 있다는 개념으로 바뀌어야 할 것이다. 이와 같은 견갑골의 움직임과 근육의 수축과 이완은 관절의 기계적 수용기와 근육 수용기에 의해 점검되어지며 조절되어진다. 물리치료사들은 생역학적이고 신경생리학적인 지식을 갖추어 과학적이고 논리적인 평가와 치료를 해야 할 것이다.

참 고 문 헌

권오현, 김재헌, 배성수. 견관절의 관절 기계적 수용기. 대한물리치료학회지, 15(2); 297-302, 2003.
김선엽, 두정희. 견관절 장애와 관절 가동운동. 한국전문물리치료학회지, 2(2); 108-118, 1995.
김재헌. 정상성인 남성의 견갑면에서 일어나는 견갑상완 리듬 분석. 대구대학교 재활과학대학원 석사학위논문. 2002.
배성수. 고유수용성 신경근 촉진법 원리에 관한 연구. 대한물리치료학회지, 5(1); 109-114, 1993.
배성수, 정형국, 김호봉. 고유수용성 신경근 촉진법 패턴의 운동분석. 대한물리치료학회지, 10(1); 213-221, 1998.
배성수, 최재원, 정현애 등. 고유수용성 신경근 촉진법 견갑골 패턴의 생역학적 분석. 대한물리치료학회지, 11(3); 65-69, 1999.
신문균, 권혁철, 김현숙 등 역. 관절생리학 ,현문사, 4-72, 1998.
이진희, 김진상. 상완견관절의 안정적 구조에 관한 연구. 대한물리치료학회지, 12(3); 433-444, 2000.
채윤원. 전두면과 견갑면에서 견관절의 회전운동에 대한 등속성 근력 평가. 대구대학교 대학원 석사학위논문. 1998.
Alder SS, Beckers D, Buck M. PNF in Practice: An Illustrated Guide, Springer-Verlage, Berlin; 1993.
Bagg SD, Forrest WJ . A biomechanical analysis of scapular rotation during arm abduction in the scapular plane. Am J Phys Med Rehabil, 67, 238-245, 1988.
Barden JM, Balyk R, Raso VJ, et al. Dynamic upper limb proprioception in multidirectional shoulder instability. Clin Orthop Relat Res, 420, 181-189, 2004.
Cailliet R. The Shoulder in hemiplegia. F.A. Davis company, Philadelphia ; 1980.
Carpenter JE, Blasier RB, Pellizzon. The effects of muscle fatigue on shoulder joint position sense. Am J Sports Med, 26, 262-265, 1998.
Diederichsen L, Krogsgaard M, Voigt M, et al. Shoulder reflexes. J Elect Kinesiol, 12, 183-191, 2002.
Doody SG, Waterland JC, Freedman L. shoulder movement during abduction in the scapular plane. Arch Phys Med Rehab, 51, 595-604, 1970.
Dvir Z, Berme N. The shoulder complex in elevation of the arm : a mechanism approach. J Biomech, 11, 210-225, 1978.
Engin AE. On the biomechanics of the shoulder complex. J Biomechanics, 13, 575-590, 1980.
Engin AE, Tumer ST. Three dimensional kinematic modeling of the human shoulder complex part I: Physical model and determination of joint sinus cones. J Biomech Engin, 111, 107-112, 1989.
Freedman L, Munor RR. Abduction of the arm in the scapular plane scapular and glenohumeral movement. J Bone Joint Surg, 48-A, 1503-1510, 1966.
Freeman MAR, Wyke B. The innervation of the knee joint. J Anat, 101, 505-532, 1967.
Griffin LYE. Neuromuscular training and injury prevention in sports. Clin Orthop, 409, 53-60, 2003.
Grigg P. Peripheral neural mechanisms in propriception. J Sports Rehab, 3, 2-17, 1994.
Hogfors C, Sigholm G, Herbetts. Biomechanical model of the human shoulder. J Biomechanics, 20(2), 157-166, 1987.
Hollinshead WH, Jenkins DJ. Functional anatomy of the limbs and back. W.B. Saunders company. Philadelphia; 65-96, 2002.
Inman VT, Saunders JBM, Abbott LC. Observation on the function of shoulder joint. J Bone Joint Surg, 26, 1-30, 1944.
Joanne LM, Melinda LA, Bette AH, et al. Reliability of dynamic and isometric testing of shoulder external and internal rotators. J Sports Phys Ther, 18(4), 543-552, 1993.
Kabat H. The role of central facilitation in restoration of motor function in paralysis. Arch Phys Med Rehabil, 33, 521-533, 1952.
Kabat H, Knott M. Proprioceptive facilitation

techniques for treatment of analysis. Phys Ther, 33, 53-64, 1970.

Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. Muscle testing and function, 4th ed, Lippincott Williams and Wilkins. Philadelphia; 1993.

Kibler WB. the role of scapula in athletic shoulder function. The Amer J Sports Med, 26(2), 325-337, 1998.

Kisner C, Colby LA. Therapeutic Exercise : Foundations and Techniques, F.A. Davis. Philadelphia; 319-391, 2002.

Knott M, Voss DE. Proprioceptive neuromuscular facilitation, Harper and Row Publisher. New York; 1968.

Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, et al. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. Am J Sports Med, 25, 130-137, 1997.

Masten FA III, Harryman DT, Sidles JA. Mechanics of glenohumeral instability. Clin Sport Med, 10, 783-788, 1991.

McMahon PJ, Lee TQ. Muscle may contribute to shoulder dislocation and stability. Clin Orthop, 403S, 18-25, 2002.

McQuade KJ, Smidt GL. Dynamic Scapulohumeral rhythm ; the effect of external resistance during elevation of the arm in the scapular plane. J Orthop Sports Phys Ther, 27(2), 125-133, 1998.

Michiels I, Grevenstein J. Kinematics of shoulder abduction in the scapular plane : on the influence of abduction velocity and external load. Clin Biomech, 10(3), 137-143, 1995.

Moffett DF, Moffett SB, Schauf CL. Human Physiology, St Louis Mosby. St Louis; 1993.

Mosely JB, Jobe FW, Perry J, et al. EMG analysis of the scapular muscle during a shoulder rehabilitation program. Am J Sport Med, 20, 128-134, 1992.

Mylers JB, Lephart SM. Sensorimotor deficits contributing to glenohumeral instability. Clin Orthop, 400, 98-104, 2002.

Nordin M, Frankel VH. Basic biomechanics of the musculoskeletal system, Lippincott Williams and Wilkins. Philadelphia; 352-369, 2001.

Norkin CC, Levangie PK. Joint structure and function: A comprehensive analysis 3th, F.A. company. Philadelphia; 196-225, 2001.

Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations of physical rehabilitation, Mosby. St Louis; 96-104, 2002.

Nyland JA, Caborn DNM, Johnson DL. The human glenohumeral joint: A proprioceptive and stability alliance. Knee Surg Sports Traumatol Arthosc, 6, 50-61, 1998.

PoppenNK, Walker PS. Normal and abnormal motion of the shoulder. J Bone Joint Surg, 58-A, 195-201, 1976.

Price CI, Franklin P, Rodgers H, et al. Active passive scapulohumeral movement in healthy persions: a comparison. Arch Phys Med Rehab, 81(1), 28-31, 2000.

Rockwood CA, Matsen FA. The shoulder, W.B.S. auders. Philadelphia; 208-245, 1990.

Sahs AK. Dynamic stability of glenohumeral joint. Acta Orthop Scan, 42, 491-495, 1971.

Sullivan PE. Electromyographic activity of shoulder muscle during unilater upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. Phys Ther, 60, 293-288, 1980.

Whitcomb LJ, Martin J, Kelly CI, et al. Acomparison of torque production during dynamic strength testing of shoulder abduction in the control plane and the plane of the shoulder. J Sport PT, 21(4), 227-232, 1995.

Zymny ML. Mechanoreceptors in articular tissues. Am J Anat, 182, 16-32, 1988.