

수정된 크로스-바디 스트레칭이 오목위팔관절의 관절가동범위에 미치는 영향

고은경 · 정도영^{1†}

마산대학교 물리치료학과

¹중부대학교 물리치료학과, 운동병리 과학 연구소

Effects of Modified Cross-body Stretching on Range of Motion in Glenohumeral Joint

Eun-Kyung Koh, PT, PhD · Do-Young Jung, PT PhD^{1†}

Department of Physical Therapy, Masan University

¹Department of Physical Therapy, kinesio-pathologic Science Institute, Joongbu University

Received: June 12, 2015 / Revised: June 15, 2015 / Accepted: July 27, 2015

© 2015 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study was to compare the effects of cross-body stretching (CBS) and modified cross-body stretching (MCBS) on the range of motion (ROM) of glenohumeral joint (GHJ) in healthy subjects.

METHODS: Thirty subjects were randomly assigned to 1 of 2 groups: CBS group without stabilization of scapula (n=15) and MCBS group with stabilization of scapula (n=15). We measured horizontal adduction and internal rotation ROM of GHJ in pre- and post-intervention. The data were analyzed using the analyses of covariate (ANCOVA) and least significant difference (LSD) post hoc tests (p=.05).

RESULTS: In the post-intervention, the MCBS group had a significantly greater increase in horizontal adduction ROM (mean ± SD, 11.46° ± 0.83°) compared to the CBS group

(7.81° ± 0.83°) (p=.007) and a greater increase in internal rotation ROM (62.27° ± 0.74°) compared to the CBS group (59.20° ± 0.74°) (p=.004).

CONCLUSION: A single session application of an MCBS provides immediate more improvements in both horizontal adduction and internal rotation ROM than CBS. These results suggest that application of MCBS with stabilization of scapula may be a more useful to gain ROM of GHJ than CBS without stabilization of scapula.

Key Words: Cross-body stretch, Posterior shoulder tightness, Shoulder impingement

I. 서론

임상과 스포츠 활동에서 어깨 뒤쪽의 단축(posterior shoulder tightness)은 어깨 충돌 증후군(impingement syndrome), 관절테두리 손상(labral lesion), 그리고 회전근개 파열을 일으키는 흔한 어깨질환의 원인이다 (Grossman 등, 2005; Tyler 등, 2000). 어깨 관절의 뒤쪽 관절낭(posterior capsule)과 가시아래근(infraspinatus)

†Corresponding Author : ptsports@joongbu.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

그리고 작은원근(teres minor)과 같은 바깥 회전근의 어깨 뒤쪽의 단축은 팔 올리기 시 위팔뼈 머리(humeral head)의 과도한 앞쪽과 위쪽으로의 움직임에 의해 봉오리 밑 공간(subacromial space)을 감소시킨다(Harryman 등, 1990; Ludewig와 Cook, 2002). 결국, 위팔뼈 머리와 봉오리와의 밀착으로 인해 오목위팔관절(glenohumeral joint)에서 안쪽회전과 수평모음이 제한된다(Lintner 등, 2007; Warner 등, 1990).

오목위팔관절은 던지기과 같은 반복적으로 머리 위로 팔 올리기 시 과도한 관절가동범위, 빠른 속도, 그리고 강한 힘에 의해 영향을 받는다(Dillman 등, 1993; Fleisig 등, 1995). 이전 연구자들은 던지기 운동선수의 우세 팔이 비우세 팔에 비해 어깨 뒤쪽의 단축에 의한 안쪽회전의 감소와 바깥회전의 증가 그리고 오목위팔관절의 수평 모음 제한이 있다고 보고하였다(Borsa 등, 2006; Ellenbecker 등, 2002). 이전 연구자들은 던지기 동작의 감속 구간 즉, 팔로우-스로우(follow-through) 구간은 어깨 뒤쪽 연부 조직의 단축시켜 어깨관절의 가동범위를 변화시킨다고 보고하였다(Burkhart 등, 2003; Pappas 등, 1985). 반복적으로 머리 위로 팔 올리기 활동 시 어깨 뒤쪽 연부 조직의 단축은 뒤쪽 관절낭(posterior capsule)과 함께 뒤쪽 어깨 세모근(posterior deltoid), 가시아래근 그리고 작은원근과 같은 뒤쪽 근육들의 긴장을 초래하게 되고 결국 안쪽회전의 관절가동범위에 제한을 일으킨다(Burkhart 등, 2003; Pappas 등, 1985).

정상 측 팔과 비교하여 안쪽회전 각도의 25° 이상의 감소는 관절테두리의 위쪽 손상(superior labral lesions)과 봉오리밑 충돌(subacromial impingement)과 같은 병적인 내적 충돌손상과 관련이 있다(Grossman 등, 2005; Myers 등, 2006; Tyler 등, 2000). 던지기과 같은 반복적인 머리 위로의 팔 움직임으로 인한 위팔뼈 후방경사각(팔꿈치 관절 축에 대해 위팔뼈 머리 축의 인쪽과 뒤쪽방향의 각)의 증가와 같은 뼈 적응으로부터 야기된 어깨관절의 안쪽회전 부족은 해결할 수 없지만 연부조직의 긴장은 해결될 수 있다. Morrison 등(1997)은 뒤쪽 어깨의 긴장을 해결하기 위해 타월 스트레칭(towel stretch),

슬리퍼 스트레칭(sleeper stretch), 그리고 크로스-바디 스트레칭(cross-body stretch)과 같은 다양한 스트레칭 방법을 제시하였다.

타월 스트레칭은 오목위팔관절을 모음, 안쪽회전, 그리고 펴 자세를 취하기 위해 한 손을 등 뒤로 하고, 타월을 이용하여 반대 손으로 잡아당기는 방법이다. 또 다른 흔히 수행하는 스트레칭으로 크로스-바디 스트레칭으로 어깨를 90° 굽힘 상태로 올린 다음 반대 팔로 가슴을 가로질러 수평 모음으로 잡아당기는 방법이다. 이 두 가지 스트레칭 방법은 어깨뼈(scapula)를 고정하지 않아 오목위팔관절을 가로지르는 조직뿐만 아니라 어깨흉부관절 조직에 스트레스가 주어지기 때문에 어깨 안정성에 문제가 있다. 반면에 효과적인 스트레칭을 위해 어깨뼈를 고정시킬 수 있는 슬리퍼 스트레칭은 옆으로 누운 자세에서 어깨와 팔꿈치를 90° 굽힘 자세를 취한 후 반대 손을 이용하여 먼쪽 아래팔을 밀어 테이블에 가까워지도록 안쪽회전 시키는 방법이다. 하지만 Mcclure 등(2007)은 크로스-바디 스트레칭 군과 슬리퍼 스트레칭 군 간의 어깨관절의 가동범위에는 차이가 없다고 보고하였다. 비록 몇몇 저자들이 어깨 뒤 연부조직을 스트레칭하기 위해 어깨뼈를 고정해야 한다고 언급하였으나(Wilk 등, 2002), 이전 연구에서는 슬리퍼 스트레칭 시 어깨뼈를 고정했음에도 불구하고 통증 및 불편함을 유발하기 때문에 크로스-바디 스트레칭을 추천하였다(Mcclure 등, 2007). 어깨뼈를 고정시키기 위한 방법으로 특히, Wilk 등(2013)은 옆으로 누운 자세에서 몸통을 뒤쪽으로 20~30° 정도 기울인 자세에서 크로스-바디 스트레칭을 수행하는 것을 추천하였다. 하지만 아직까지 어깨 뒤 긴장을 이완시키기 위해 어깨뼈 고정 유무에 따른 크로스-바디 스트레칭 효과를 비교한 연구는 없는 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 어깨뼈 고정 유무에 따른 크로스-바디 스트레칭(cross-body stretching: CBS)과 수정된 크로스-바디 스트레칭(modified cross-body stretching: MCBS)이 오목위팔관절의 관절가동범위에 미치는 즉각적인 효과를 비교하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상 및 연구기간

본 연구의 연구대상자는 총 30명의 성인 남성으로 크로스바디 스트레칭 군(CBS group: 나이: 23.3 ± 3.8 yrs, 신장: 172.6 ± 5.95 cm, 체중: 65.0 ± 11.5 kg)과 수정된 크로스-바디 스트레칭 군(MCBS group: 나이: 22.7 ± 2.3 yrs, 신장: 173.4 ± 5.7 cm, 체중: 66.2 ± 10.1 kg) 각각 15명씩 무작위로 각 군에 할당하였다. 이전 6개월에 수술 혹은 우세 팔을 들어 올렸을 때 어깨통증이 없는 정상 성인으로 우세 팔과 비우세 팔간의 어깨관절의 안쪽회전 관절 범위가 10° 이상 차이가 나지 않는 대상으로 선정하였다.

2. 실험방법

1) 측정도구

어깨 뒤 유연성을 측정하기 위하여 오목위팔관절의 수평모음과 안쪽회전 관절가동범위를 디지털 경사계(DUALER IQ, J-TECH, USA)를 이용하여 측정하였다.

2) 실험절차

본 실험을 실시하기 전에 대상자들에게 실험에 대해 설명을 하고 동의를 받았다. 크로스-바디 스트레칭은 대상자 스스로 수행하였으며 모든 측정들은 우세 팔에서 실시되었다. 각각의 대상자들에게 크로스-바디 스트레칭 전·후에 오목위팔관절의 수평모음과 안쪽회전 관절가동범위를 각각 2회 측정하였다. 중재 전 측정 후 약 2분 후에 스트레칭을 실시하였으며 중재 후 측정은 스트레칭 후 즉시 실시되었다. 측정자와 다른 공간에서 대상자는 스트레칭을 함으로써 두 명의 측정자는 대상자가 어떤 군에 할당되었는지 알지 못하게 하여 실험자 편향(experimental bias)을 제거하였다. 중재 전 후 측정을 위해 한 명은 오목위팔관절의 수평모음과 안쪽회전의 수동 관절 끝 범위의 끝 느낌(end feel)을 통해 고정시키는 역할을 하였으며 다른 측정자는 그 끝 범위에서 디지털 경사계를 사용하여 관절가동범위를 측정하는 역할을 하였다. 임상경험이 많은 측정자로 선정하였으며 실험 전 측정에 대한 신뢰성을 확보하기

위해 10명을 대상으로 예비실험을 실시하였다.

오목위팔관절의 안쪽회전 수동 관절가동범위를 측정하기 위해 대상자들은 어깨관절을 90° 벌림하고 팔꿈치를 90° 굽힘 한 채로 바로 누운 자세를 취한다. 수건을 이용하여 위팔뼈는 중립의 수평 자세를 유지되도록 받쳐준다. 측정자의 한 손은 어깨뼈오리의 앞쪽을 뒤쪽으로 압박함으로써 어깨뼈를 고정하는데 사용되었다. 반대 손은 위팔뼈를 수동적으로 안쪽회전을 하는데 사용된다. 자뼈와 수직 기준점 사이 각인 안쪽회전 각은 다른 측정자가 디지털 경사계를 자뼈의 중축에 정렬하여 첫 번째 저항 지점에서 측정하였다. 측정하는 동안 어깨관절의 앞쪽을 관찰함으로써 어깨뼈의 보상적인 움직임이 일어나지 않도록 주의하였다. 따라서 오목위팔관절의 안쪽회전 각 측정은 어깨뼈의 움직임을 암시하는 어깨뼈의 앞쪽이 앞으로 움직이기 직전의 각이다(Figure 1A).

오목위팔관절의 수동 수평모음 관절가동범위를 측정하기 위해 대상자들은 테이블에 바로 누운 자세를 취하였다. 어깨를 90° 벌림과 팔꿈치 90° 굽힘 상태로 실험자는 어깨뼈의 바깥 모서리를 잡고 어깨뼈의 처음 위치를 유지하기 위해 뒤쪽 방향으로 힘을 적용하였다. 실험자는 대상자의 먼 쪽 아래팔을 잡고 위팔뼈를 수동적으로 수평모음 하였다. 조직 저항이 처음으로 도달하게 되면 다른 실험자가 위팔뼈의 배 쪽 중양을 따라 디지털 경사계를 정렬시켰다. 수평모음 0° (테이블에 대해 수직인 면)에 대한 위팔뼈 축의 각은 오목위팔관절의 수평모음의 관절가동범위를 측정하는데 사용되었다(Figure 1B).

CBS 군은 선 자세에서 반대 손으로 위팔뼈를 수동적으로 가슴을 가로질러 당김으로써 크로스-바디 스트

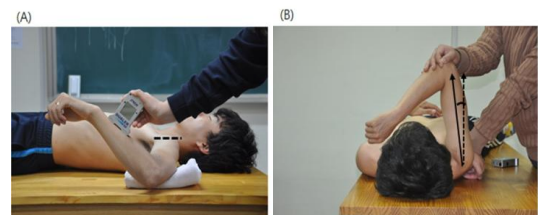


Figure 1. Measurement of glenohumeral joint
(A) Internal rotation, (B) Horizontal adduction

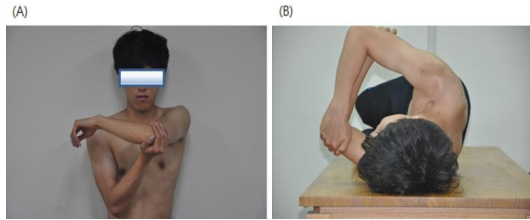


Figure 2. (A) Cross-body stretching (CBS)
(B) Modified cross-body stretching (MCBS)

레칭을 하였으며(Figure 2A), MCBS 군은 옆으로 누운 자세에서 뒤쪽으로 20~30° 정도 기울인 자세를 취하여 어깨뼈를 측정 테이블로부터 고정된 한 채로 크로스바디 스트레칭을 실시하였다(Figure 2B)(Wilk 등, 2013). 보조자는 대상자의 몸통이 뒤로 경사진 자세를 취하도록 하여 어깨뼈가 고정된 것을 확인 후 실시하도록 하였다. 두 군 모두 30초간 세 번 반복하여 스트레칭을 실시하였으며 스트레칭 30초 동안에 가동범위 끝 지점에서 반대 손으로 압력이 일정하게 유지되도록 하였다.

3) 자료 분석 및 통계방법

모든 변수에 대해 계산된 기술통계는 정규분포와 변수의 동질성 가정을 위해 확인되었다. 관절가동범위의 변화 값은 중재 후 값에서 중재 전 값을 뺀 값으로

하였다. 두 그룹 간 차이를 통제하기 위해 일요인 공변량 분산분석(1-way analyses of covariance)을 이용하여 오목위팔관절의 안쪽회전과 수평모음 관절가동범위 각도 변화를 분석하였다(Moore 등, 2011). 종속변수는 중재 후 관절각도로 하였고 공변량은 중재 전 관절각도로 설정하였으며 α값은 .05로 하였다. 모든 데이터는 SPSS Version 19.0을 이용하였다. 어깨 관절각도 변화의 임상적 의미를 제공하기 위해 군 간의 효과크기는 (MCBS군 평균값-CBS군 평균값)/(MCBS 군 표준편차)로 구하였고, 그룹 내 효과크기는 (중재 후 평균-중재 전 평균)/(중재 전 표준편차)로 구하였다. 또한 디지털 경사계를 이용한 오목위팔관절의 수평모음과 안쪽회전 관절가동범위 측정에 대한 측정자 내 상관도 (intra-rater reliability)를 알아보기 위해 급간내 상관계수 (intraclass correlation coefficient) ICC_{3,1} model을 사용하였다.

III. 연구 결과

각 군의 기술통계학은 Table 1에 제시하였다. 공변량 분석 값은 Table 2에 제시하였다. 이 표는 공변량-보정

Table 1. Descriptive statistics for range of motion in glenohumeral Joint

Motion	Group	Intervention		Differences	Within-Group Effect Size
		Pre-	Post-		
Internal Rotation	CBS	53.13±9.22	58.17±7.30	5.03±2.68	0.55
	MCBS	55.77±9.43	63.30±8.35	7.53±4.08	0.80
Horizontal Adduction	CBS	5.41±6.04	8.23±5.52	2.83±2.37	0.47
	MCBS	4.40±5.46	11.04±6.11	6.63±3.95	1.22

Table 2. Covariate-adjusted post-intervention means for shoulder motions

Group	Internal Rotation		Horizontal Adduction	
	Covariate-Adjusted Mean*	95%Confidence Interval	Covariate-Adjusted Mean*	95%Confidence Interval
CBS	59.20±0.74	57.68, 60.72	7.81±0.83	6.11, 9.50
MCBS	62.27±0.74	60.74, 63.79	11.46±0.83	9.76, 13.16

*Values are mean±SEM degrees. Post-intervention values adjusted for the effect of the covariate (pre-intervention).

Table 3. Between-group covariate-adjusted mean differences for shoulder motions

Group	Internal Rotation		Horizontal Adduction	
	Between-Group Mean Difference*	Between-Group Effect Size	Between-Group Mean Difference	Between-Group Effect Size
CBS Vs. MCBS	3.07 (0.90, 5.23)+	0.24	3.66 (1.25, 6.07)++	0.27

*Values represent differences between covariate-adjusted mean(95%CI) degrees.

+Statistically significant difference (p=.004)

++Statistically significant difference (p=.007)

평균값을 중재 전 관절가동각도로 보정하였다는 것을 보여준다. 이는 두 군 간의 중재 전 관절가동범위 값이 다르더라도 중재 후 관절가동범위 값을 비교할 수 있다. MCBS 군은 CBS 군과 비교 시 오목위팔관절의 안쪽 회전 각도가 통계학적으로 유의하게 증가하였고 (p=.004), 또한 오목위팔관절의 수평모음 각도도 통계학적으로 유의하게 증가하였다(p=.007)(Table 3).

디지털 경사계를 이용한 관절가동범위 측정에 대한 검사-재검사 신뢰도는 수평모음(ICC_{3,1} [95%CI]=0.98 [0.97-0.99])과 안쪽회전(ICC_{3,1} [95%CI]=0.98 [0.96-0.99])에서 모두 높았다.

IV. 고 찰

선 자세에서 스트레칭 하고자 하는 어깨를 반대쪽 손을 이용하여 전통적인 크로스-바디 스트레칭은 임상 혹은 스포츠 활동에서 흔히 실시한다. 이러한 방법은 위팔뼈가 수평모음 시 어깨뼈를 고정하지 못하는 문제점이 있다. 결국, 어깨뼈의 부수적인 벌림이 발생하여 어깨 뒤쪽 연부조직을 선별해서 스트레칭 하는 것을 방해한다. 게다가 전통적인 크로스-바디 스트레칭 시 오목위팔관절의 스트레칭 범위에서 가시아래근과 작은원근과 같은 어깨 뒤쪽의 바깥 돌림근의 긴장이 증가되어 위팔뼈의 바깥회전을 발생시킨다. 따라서 Wilk 등(2013)은 전통적인 크로스-바디 스트레칭 시 어깨뼈를 고정하지 않고 위팔뼈가 과도한 바깥회전 됴므로써 어깨 뒤쪽 연부조직의 효과적인 스트레칭이 수행되지 않는다고 언급하였다. 또한 전통적인 스트레칭 시 어깨뼈의 벌림과 안쪽회전을 일으켜 바람직하지 않다. 그러므

로 Wilk 등(2013)은 어깨뼈 벌림을 제한하기 위하여 대상자들을 옆으로 누운 자세를 취하여 위팔뼈의 바깥 회전을 제한하기 위해서 아래팔 위에 반대쪽 아래팔을 정렬시켜 수평모음하면 목표로 한 어깨 뒤쪽 연부조직을 가장 독립적으로 스트레칭 할 수 있다고 언급하였다.

이전 연구자들이 어깨뼈를 고정한 수정된 크로스-바디 스트레칭을 시행하는 것이 더 효과적일 것이 다는 주장은 본 연구를 통해 확인 할 수 있었다. 사체 연구들에서 안쪽회전을 하면서 60°와 90° 팔 올림 자세에서 뒤쪽 어깨띠 근육과 관절낭의 길이가 증가되었다고 보고하였으며 가시아래근 아래섬유는 90° 팔 올림하면서 안쪽 회전하는 자세에서 가장 길이가 증가되었다고 보고하였다(Bostad와 Dashottar, 2011; Muraki 등, 2010). 따라서 이전 연구를 바탕으로 본 연구에서는 수정된 크로스-바디 스트레칭 시 어깨관절을 90° 굽힘 한 상태에서 바깥회전 되지 않도록 아래팔 위에 반대쪽 아래팔을 정렬시켰다(Figure 2B). 또한 누운 자세에서 어깨뼈면(scapular plane)인 20~30° 정도 뒤로 기울인 자세에서 스트레칭을 하였는데 이자세가 뒤쪽 관절낭의 변형이 증가된다는 이전 연구들을 기초로 스트레칭 자세를 취하였다(Bostad와 Dashottar, 2011; Izumi 등, 2008).

어깨 뒤쪽 유연성을 향상시키기 위한 다양한 스트레칭 기법들 간의 효과를 비교하는 이전 연구들이 있었다. Manske 등(2010)은 오목위팔관절을 4주간 뒤쪽방향의 가동기법과 함께 수평모음 스트레칭한 군에서 단지 수평모음 스트레칭을 수행한 군보다 안쪽회전 각도가 더 크게 증가되었다고 보고하였다. McClure 등(2007)은 44명의 어깨통증이 없는 대상자들에게 좌·우의 10° 이상의 안쪽회전 각도 차이가 있는 어깨 뒤쪽 단축이 있는 실험군을 슬리퍼 스트레칭 군과 크로스-바디 스트

레칭 군으로 무작위 할당하고 좌·우 차이가 10° 이하인 대상자들을 대조군으로 하여 4주 동안 스트레칭 후 안쪽회전 각도 변화를 비교하였는데 크로스바디 스트레칭이 슬리퍼 스트레칭에 비해 안쪽회전 각도가 증가했다고 보고하였다. 본 연구에서는 크로스바디 스트레칭 전(평균=53°)·후(평균=58°)의 안쪽회전 각이 5° 차이가 있었다. McClure 등(2007)은 크로스바디 스트레칭 전(평균=47°)·후(평균=67°)의 안쪽회전 각이 20° 차이가 있었다. 크로스바디 스트레칭 전·후 차이가 이전 연구와 다른 이유는 몇 가지로 설명할 수 있다. 첫 번째로, 본 연구에서는 정상인을 대상으로 한 반면에 이전 연구에서는 양쪽 어깨관절의 안쪽회전 각도가 10° 차이를 지니고 있는 어깨 뒤쪽의 단축이 있는 던지기 선수들을 대상으로 하였기 때문에 이전 연구에서 스트레칭 전·후 차이 값이 더 컸을 것이다. 두 번째로, 본 연구는 즉각적인 스트레칭 효과를 알아본 반면에 이전 연구에서는 4주간의 장기간의 스트레칭 효과였기 때문에 이전 연구에서 스트레칭 전·후 차이 값이 더 컸을 것이다.

본 연구의 제한점으로 군 간에 스트레칭 강도를 동일하게 하지 못했다는 것이다. 본 연구에서는 대상자에게 통증이 없는 범위에서 최대 강도로 스트레칭 하도록 지시하였다. 그러나 이것은 스트레칭 기법 자체의 제한점이다. 또 다른 제한점으로는 어깨 뒤 단축이 없고 어깨 통증이 없는 건강한 대상으로 하였다는 것이다. 따라서 본 연구의 결과는 모든 집단에 일반화할 수 없다. 마지막 제한점으로 본 연구에서는 스트레칭 후 즉각적인 효과만을 보았기 때문에 장기간의 효과를 알아보지 못했다. 따라서 향후 연구에서는 어깨 뒤 단축에 의한 어깨 통증이 있는 던지기 선수들을 대상으로 뒤쪽 어깨의 긴장을 해결하기 위한 기존의 크로스바디 스트레칭과 수정된 크로스바디 스트레칭의 장기적인 효과를 비교할 필요가 있다.

V. 결 론

본 연구는 어깨뼈 고정 유무에 따른 크로스바디 스트레칭이 오목위팔관절의 수평 모음과 안쪽 회전 관절

가동범위에 미치는 효과를 비교하였다. 연구 결과, 어깨뼈를 고정한 MCBS 군은 오목위팔관절 안쪽회전과 수평모음 관절가동범위의 전·후 차이가 어깨뼈를 고정하지 않는 CBS 군보다 유의하게 컸다. 따라서 스포츠 활동 및 임상에서 어깨 뒤쪽의 단축이 있는 대상자에게 오목위팔관절의 관절가동범위를 향상시키기 위해 크로스바디 스트레칭 시 어깨뼈를 고정할 것을 추천한다.

Acknowledgements

이 논문은 2015년도 중부대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 것임

References

- Borsa PA, Dover GC, Wilk KE, et al. Glenohumeral range of motion and stiffness in professional baseball pitchers. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(1):21-6.
- Borstad JD, Dashottar A. Quantifying strain on posterior shoulder tissues during 5 simulated clinical tests: a cadaver study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011; 41(2):90-9.
- 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(6):641-61.
- Dillman CJ, Fleisig GS, Andrews JR. Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;18(2):402-8.
- Ellenbecker TS, Roetert EP, Bailie DS, et al. Glenohumeral joint total rotation range of motion in elite tennis players and baseball pitchers. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(12):2052-6.
- Fleisig GS, Andrews JR, Dillman CJ, et al. Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Sports Med.* 1995;23(2):233-9.

- Grossman MG, Tibone JE, McGary MH, et al. A cadaveric model of the throwing shoulder: a possible etiology of superior labrum anterior-to-posterior lesions. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(4):824-31.
- Harryman DT II, Sidles JA, Clark JM, et al. Translation of the humeral head on the glenoid with passive glenohumeral motion. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72(9):1334-43.
- Izumi T, Aoki M, Muraki T, et al. Stretching positions for the posterior capsule of the glenohumeral joint: strain measurement using cadaver specimens. *Am J Sports Med.* 2008;36(10):2014-22.
- Lintner D, Mayol M, Uzodinma O, et al. Glenohumeral internal rotation deficits in professional pitchers enrolled in an internal rotation stretching program. *Am J Sports Med.* 2007;35(4):617-21.
- Ludewig PM, Cook TM. Translations of the humerus in persons with shoulder impingement symptoms. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2002;32(6):248-59.
- Manske RC, Meschke M, Porter A, et al. A randomized controlled single-blinded comparison of stretching versus stretching and joint mobilization for posterior shoulder tightness measured by internal rotation motion loss. *Sports Health.* 2010;2(2):94-100.
- McClure P, Balaicuis J, Heiland D, et al. A randomized controlled comparison of stretching procedures for posterior shoulder tightness. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007;37(3):108-14.
- Moore SD, Laudner KG, McLoda TA, et al. The immediate effects of muscle energy technique on posterior shoulder tightness: a randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011;41(6):400-7.
- Morrison DS, Frogameni AD, Woodworth P. Non-operative treatment of subacromial impingement syndrome. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79(5):732-7.
- Muraki T, Yamamoto N, Zhao KD, et al. Effect of posteroinferior capsule tightness on contact pressure and area beneath the coracoacromial arch during pitching motion. *Am J Sports Med.* 2010;38(3):600-7.
- Myers JB, Laudner KG, Pasquale MR, et al. Glenohumeral range of motion deficits and posterior shoulder tightness in throwers with pathologic internal impingement. *Am J Sports Med.* 2006;34(3):385-91.
- Pappas AM, Zawacki RM, McCarthy CF. Rehabilitation of the pitching shoulder. *Am J Sports Med.* 1985; 13(4):223-35.
- Tyler TF, Nicholas SJ, Roy T, et al. Quantification of posterior capsule tightness and motion loss in patients with shoulder impingement. *Am J Sports Med.* 2000; 28(5):668-73.
- Wamer JJ, Micheli LJ, Arslanian LE, et al. Patterns of flexibility, laxity, and strength in normal shoulders and shoulders with instability and impingement. *Am J Sports Med.* 1990;18(4):366-75.
- Wilk KE, Hooks TR, Macrina LC. The modified sleeper stretch and modified cross-body stretch to increase shoulder internal rotation range of motion in the overhead throwing athlete. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013; 43(12):891-4.
- Wilk KE, Meister K, Andrews JR. Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete. *Am J Sports Med.* 2002;30(1):136-51.