A Literature Review on the Sleeper and Cross-Body Horizontal Adduction Stretching

Young Jin Jo¹, Young Kyun Kim^{2*}

¹Galaxia SM Inc, Seoul, Republic of Korea

²Sports, Health, and Rehabilitation Major, Kookmin University, Republic of Korea

Received: October 9, 2019

Accepted: October 28, 2019

Published online: October 31, 2019

Keywords:

Glenohumeral Internal Rotation Deficit(GIRD)
Overhead Athlete
Posterior Shoulder Tightness
Sleeper Stretch

ABSTRACT

OBJECTIVES Overhead throwing athlete's glenohumeral internal rotation deficit (GIRD) and posterior shoulder tightness (PST) could increase the risk of shoulder injuries. Sleeper stretching and cross-body stretching has shown the effect of improved PST and increased internal rotation in overhead throwing athletes. The purpose of this study is to provide how to apply those stretching techniques in evidence-based method to improve the effects of the stretching on throwing athletes.

METHODS We searched total 1650 research with keywords related. Then we selected 60 research which applied randomized control trials (RCTs). We then reviewed and selected 9 research out of 18 research to review the stretching techniques

RESULTS Sleeper stretching and cross-body stretching techniques were applied for 30 seconds with 3 to 5 repetitions showing positive results. Additionally, applying scapular stabilization and joint mobilization with those stretching techniques showed more improved effects.

CONCLUSIONS To prevent and treat GIRD and PST, sleeper stretching and cross-body stretching are recommended on throwing athletes with scapular stabilization and joint mobilization.

© The Asian Society of Kinesiology and the Korean Academy of Kinesiology

서론

어깨안쪽돌림결핍(Glenohumeral Internal Rotation Deficit; GIRD)과 어깨후방구축(Posterior Shoulder Tightness; PST)은 야구, 테니스, 핸드볼, 저항 운동과 같은 오버헤드 스포츠 참가자들에게 발생하는 어깨 손상의 주된 원인으로 알려져 있다[1-4]. Burkhart 등[2]은 비 구축 어깨와 비교하여 구축에서의 제한된 어깨 안쪽 돌림을 GIRD로 처음 용어를 정립하였다. 이후 다양한 연구들을 통해서 GIRD에 영향을 주는 신체적 특성과 GIRD가 어깨 손상에 미치는 영향에 대해 조사되었다[5,6]. GIRD의 원인이 되는 신체적 특성으로는 위팔

뼈 후경[4], 어깨 후방의 돌림근개 근육의 단축[6,7], 어깨 후방 관절 주머니 구축[8]이 제시되었다. 또한, 어깨 벌림 90°, 팔꿈치 굽힘 90°에서 측정된 GIRD의 주된 원인으로는 후방 관절 주머니의 구축을 보고하였다[4,6-8]. 어깨 후방 구축 또한 감소된 어깨 안쪽 돌림을 유발하며 어깨 손상과 깊은 연관이 있는 것으로 조사되었다[9]. 이것은 어깨 관절의 변화된 운동학을 야기하는 것으로 조사 되어있으며, 감소된 안쪽 돌림 및 수평 모음, 굽힘, 증가된 바깥 돌림을 만들어 내는 것으로 보고되었다[2]. 나아가 이와 같은 위팔위목관절의 신체적 특성은 어깨충돌증후군[10], 어깨관절와순파열[11], 봉우리밀충돌증후군[12], 어깨 전방 자세[5], 돌림근개 근력 결함[13]을 초래할 수 있을 것으로 알려졌다[5,10-13]. 이러한 주된 어깨 손상을 야기하는 원인을

*Correspondence: Young Kyun Kim, Sports, Health, and Rehabilitation Major, Kookmin University, Jeongneungro 77, Seongbuk-gu, Seoul, Korea; Tel: +82-2-910-6435; E-mail: ykkim2016@kookmin.ac.kr

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

해결하기 위하여 다양한 중재 방법이 제시되어 오고 있다. 어깨 안쪽 돌림 결핍과 어깨 후방 구축을 완화하는 방법으로 슬리퍼 스트레칭(Sleeper stretching) 및 몸통 교차 수평 모음 스트레칭(Cross-body stretching)에 대한 연구가 진행되어 왔으며 이에 대한 효과가 증명되었다. 하지만 각각의 연구들은 대상자, 스트레칭 적용 방법, 시간 등에 차이가 있어 이에 대한 종합적으로 분석하는 연구가 필요하다고 판단된다. 그러므로 이 논문의 목적은 슬리퍼 스트레칭 및 몸통 교차 수평 모음 스트레칭 운동<Figure 1>이 어깨 안쪽 돌림 결핍과 어깨 후방 구축에 미치는 효과에 관한 다양한 선행 연구를 찾아내 체계적 고찰을 통한 과학적 근거 자료의 기초를 제공하는 데 있다.

Figure 1. Cross body stretching for GIRD and PST (a) and sleeper stretching for GIRD and PST (b)

연구방법

데이터베이스 검색 및 선정 기준

본 연구를 위한 연구 방법은 PLISMA guideline(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses statement guidelines)의 체계적 고찰 연구 방법을 수정 변경하여 실시하였다[14].

연구의 포함기준

선행 연구의 선정을 위하여 2006년 ~ 2016년까지 지난 10여 년간 수행된 연구들로 검색을 제한하였으며 실험 대조군(case-control) 연구를 포함하여 무작위대

조군 연구(Randomised Controlled Trials: RCTs)를 포함시켰다. 언어는 영어로 제한하였고 제외 기준으로 석/박사 학위논문을 포함하여 초록만 검색된 연구는 제외시켰다.

데이터 베이스 검색

본 체계적 고찰 연구를 수행하기 위하여 검색에 사용된 용어는 다음과 같다.

Patient: posterior shoulder tightness, shoulder and glenohumeral internal rotation deficit or loss

Intervention: shoulder stretching, sleeper stretching, angular stretching, cross-body stretching

Comparison: overhead sports activity, control

Outcome: shoulder range of motion, shoulder flexibility

데이터 검색을 위하여 PUBMED, EMBASE의 국외 학술 검색 사이트를 이용하였다. 추가적으로 선행 연구의 참고 문헌을 검토하여 수집하였다.

연구 선택

총 검색된 1650건 중 1차적으로 제목에 관련 연구 주제가 포함된 것을 선택하여 60개의 논문을 선정하였다. 60편의 논문 중 초록과 주제를 선별하여 총 18편의 논문을 선정하였고 전체 논문의 내용을 검토하여 직접적인 관련이 있는 최종적으로 9편의 논문을 선정하였다.

데이터 추출

선정된 연구들로부터 다음과 같은 연구 특성들이 수집되었다. 모든 피험자의 신체적 특성과 참가자 수, 스트레칭 중재 프로그램의 빈도, 반복, 기간과 측정 방법, 최종 연구 결과를 추출하였다

결과

슬리퍼 및 몸통 교차 수평 모음 스트레칭이 어깨 안쪽 돌림 결핍과 후방 구축에 미치는 효과에 대한 체계적인 고찰을 위해 선정한 9개의 논문은 <Table 1>에 요약하였다.

피험자 선정

총 9편의 연구 중 8편은 상지를 주로 사용하는 오버

Table 1. Summary of stretching intervention program.

	Author	Stretching duration	Frequency	Reps	Position	scapula stabilization	Passive/Active
1	Guney et al. (2015) [15]	30 seconds	once daily	3 reps	Side-lying sleeper stretching, seated cross body horizontal adduction stretching	scapula stabilization	Passive, active
2	Hammons et al. (2015)[16]	30 seconds	3 times per week	5 reps	Passive abduction 90° internal rotation in prone position, Seated cross body horizontal adduction stretching	scapula stabilization	Passive
3	Laudner et al. (2008) [17]	30 seconds	immediate	3 reps	Side-lying sleeper stretching	Body-weight	Passive
4	Maenhout et al. (2012)[18]	30 seconds	daily	3 reps	Side-lying sleeper stretching, Seated cross body horizontal adduction stretching	Body-weight	active
5	McClure et al. (2007) [19]	30 seconds	daily	5 reps	Side-lying sleeper stretching, Seated cross body horizontal adduction stretching	No scapular stabilization	active
6	Yamauchi et al. (2016)[20]	30 seconds	once daily	3 reps	Side-lying modified sleeper stretching, Side-lying cross body horizontal adduction stretching	Body-weight	active
7	Cools et al. (2012) [21]	30 seconds	3 times per week	continue for 15 min	Side-lying sleeper stretching, supine-lying cross body horizontal adduction stretching with joint mobilization	scapula stabilization	Passive
8	Manske et al. (2010) [22]	30 seconds	at least once daily	5 reps	Seated cross body horizontal adduction stretching with joint mobilization	No scapular stabilization	active
9	Salamh et al. (2015) [23]	30 seconds	immediate	3 reps	supine-lying cross body horizontal adduction stretching	scapula stabilization	passive

헤드 스포츠 참가자로 선정하여 그 중 어깨 안쪽 돌림 결핍이 존재하는 피험자를 대상으로 연구가 진행되었다. 유일하게 Guney 등[15]의 연구만 주축 어깨의 내회전 가동범위가 비 주축 어깨와 비교하여 18°미만인 성인 여성을 대상으로 하여 진행되었다. 2편의 연구는 투구 동작의 야구 선수를 대상으로 하였다[17,20]. 그 외 나머지 7편의 연구는 배구, 야구, 테니스, 스쿼시, 배드민턴 등이 포함된 오버헤드 스포츠 참가자를 대상으로 진행되었다[15,16,18,19,21-23].

스트레칭 중재 프로그램

총 9편의 선행 연구 중 독립적인 스트레칭 중재만 실시한 연구는 6편이었으며[15-20] 나머지 2편은 스트레칭과 관절 가동화 기법을 함께 적용하여 진행되었다[21,22]. 어깨 안쪽 돌림 결핍과 어깨 후방 구축을 해결하기 위한 스트레칭 종류는 기본적으로 슬리퍼 스트레칭과 몸통 가로지르는 몸통 교차 수평 모음 스트레칭이 수행되었으며 공통적으로 1세트의 구성은 30초간 유지하는 것을 3~5회 반복하도록 하였다. Cools 등[21]의 연구에서는 스트레칭의 반복을 제시하지 않고 15분간 스트레칭과 휴식을 반복적으로 실시하였다고 기술하였다.

스트레칭 중재 기간

스트레칭 중재 기간은 Guney 등[15]의 연구에서는 1주간, Cools 등[21]의 연구에서는 3주간 중재 후 어떠한 처치 없이 3주 후 재측정이 실시되었다. 이외 4편의 연구는 4주간 실시되었으며[16,19,20,22] Maenhout 등[18]의 연구에서는 최장 4주간 중재 실시 후 어떠한 치료 없이 4주 후에 재 측정이 실시되었다. 또한 Laudner 등[17]과 Salamh 등[23]의 연구는 1회 스트레칭의 급성 효과를 분석하였다.

관절가동범위 측정 자세 및 장치

GIRD와 PST를 검사하기 위해 어깨 관절 가동범위 검사가 수행되었다. GIRD를 위해서는 총 9편의 선행 연구 모두 등을 대고 누운 자세(supine position)에서 검사자가 피험자의 위팔 오목 관절(glenohumeral joint)을 어깨 벌림(shoulder adduction) 90°/ 팔꿈치 굽힘(elbow flexion) 90° 자세에서 수동적으로 안쪽 돌림하며 측정 되었다. 수평 모음 가동범위를 측정 위해서 등을 대고 누운 자세와 옆으로 누운 자세로 측정 되었다. Guney 등[15]과 Salamh 등[23]의 연구에서 옆으로 누운 자세에서 수평 모음을 측정하였고 나머지 연구

에서는 등을 대고 누운 자세를 채택하여 위팔뼈의 수평 모음 관절가동범위를 측정 하였다.

스트레칭 중재 프로그램의 효과

총 9편의 연구 모두 스트레칭 참가 후 GIRD과 PST으로 인한 관절 가동범위가 증가하는 효과가 나타났다. 특이적인 결과로는 몸통 교차 수평 모음 스트레칭만 한 그룹에서도 어깨 안쪽 돌림의 가동범위가 증가되었다 [17]

논의

본 연구에 선정된 9편의 선행 연구에서 두 종류의 스트레칭이 어깨 안쪽 돌림 결핍을 감소시키는 효과를 만들어내는 것으로 보고하였다. 모든 연구에서 스트레칭 기법으로 몸통을 가로질러 실시하는 몸통 교차 수평 모음 스트레칭과 슬리퍼 스트레칭을 사용하였다. Cools 등 [21]은 이 두 가지의 스트레칭을 “angular stretching” 이 라고 명명하였다. 그 중 7편의 연구는 스트레칭 만으로 어깨 안쪽 돌림 결핍에 긍정적인 효과를 만들어 내었 으며 [15-20,23] 나머지 2편의 논문은 관절 가동화 기 법을 함께 처방하여 유의한 효과를 나타내었다 [21,22]. 스트레칭 중재의 자세는 공통적으로 옆으로 누운 자세의 슬리퍼 스트레칭과 앉아서 실시된 몸통 교차 수평 모음 스트레칭이 수행되었다. 1편의 연구에서만 배를 대고 누운 자세(prone position)에서 수동적으로 안쪽 돌림 스트레칭이 실시되었다 [16]. 4편의 연구에서는 스트레칭 수행 중 검사자에 의한 보조가 실시되었다. 몸통 교차 수평 모음 스트레칭 중 검사자가 피험자의 견갑골 외측 연(lateral border)을 보조하여 안정화 시킨 후 스트레칭을 실시하였으며 특히 스트레칭의 효과를 보다 효과적으로 만들기 위하여 견갑골의 안정화를 실시해야 하는 것을 권장 하였다 [15,16,21,23]. 하지만 Laudner 등 [17], Yamauchi 등 [20], Maenhout 등 [18]의 연구에서는 몸통 교차 스트레칭을 실시하는 경우 체중에 의한 수동적 안정화 기법을 사용하였으며 나머지 두 연구 [19,22]에서는 안정화 기법에 대한 언급 없이 피험자들 개인이 스스로 스트레칭을 수행토록 지시하였다. 선행연구에서는 공통적으로 보조를 동반한 스트레칭이 권장된다고 보고하고 있다 [15-23]. 또한 견갑골이 안정화 되지 않은 상태에서 스트레칭 하는 것은 어깨관절뿐

만 아니라 견갑골 주변근육의 스트레칭이 동원되었을 수 있다고 보고하며 이로 인하여 실험결과에 오류를 야기했을 수 있다고 기술하였다 [19]. 그러므로 추후 연구에서는 참가자가 자가 통제 또는 처치자가 견갑골 안정화 기법을 적용한 스트레칭 방법에 대한 비교연구와 효과에 대한 연구가 더욱 필요할 것으로 사료된다 [23].

어깨 안쪽 돌림 결핍의 원인에 관해서는 현재까지 정확한 기전이 밝혀지지 않았다. 현재 선행된 연구에서 원인으로 제시된 기전은 크게 위팔뼈의 후경 [24,25]과 작은 원근(teres minor), 가시 아래근(infraspinatus), 어깨 세모근 후섬유(posterior deltoid)와 같은 바깥 돌림 근육의 단축 [1,6,26], 후방 관절 주머니(posterior capsule)의 구축으로 설명되고 있다 [1,6,7,24-27]. 근육이 신장하며 수축하는 것을 신장성 수축이라 부른다. 던지기과 같은 머리위로 실시하는 오버헤드 활동 중 발생하는 높은 수준의 신장성 부하는 어깨 후방의 해부학적 구조물에 손상을 유발한다 [28]. 반복된 신장성 수축은 등척성(isometric) 또는 단축성(concentric) 수축보다 더욱 큰 근육 손상을 유발한다 [26]. Reinold 등 [6]은 어떠한 어깨 증상이 없는 67명의 투수를 대상으로 스포팅 캠프 중 던지기를 수행 한 후 변화된 어깨의 관절 가동범위를 조사하였다. 측정은 어깨와 팔꿈치의 각도가 각각 90°에서 주축과 비 주축의 어깨 수동적 관절가동범위를 측정한 결과 바깥 돌림 가동범위는 어떠한 변화도 발견하지 못하였으나 던지기 훈련의 참가 후 어깨 관절 안쪽 돌림의 가동범위가 비 주축 어깨와 비교하여 54.1°에서 44.6°로 유의한 감소를 발견하였다. 이 연구를 통하여 저자는 안쪽 돌림 결핍의 원인을 후면 어깨의 바깥 돌림 근육일 것으로 제시하였다 [6].

총 2편의 논문에서는 단지 일회성의 스트레칭 중재 만으로도 즉각적인 안쪽 돌림 결핍의 긍정적인 효과를 만들 냈다 [17,23]. 앞서 언급한 바와 같이 바깥 돌림 근육인 가시아래근, 작은원근, 후면 어깨 세모근으로 구성되는 어깨 후면의 근육군은 후방 어깨 구축의 한 원인으로 지목되었다. 그러므로 스트레칭 적용 후 가동범위의 즉각적인 향상은 이러한 근육을 신장시키기 때문인 것으로 설명될 수 있다. 한편 어깨 후방 관절 주머니의 구축은 어깨 거상 움직임 중 위팔뼈 머리의 상방 전위를 만들어 내고 회전축의 이동으로 말미암아 결국 봉우리밑충돌증후군과 같은 관절의 병리학적인 병변을 일으킨다 [2]. 그러므로 제시된 두 가지의 스트레칭은 어

개 후방의 근육과 관절 주머니의 연부 조직을 향상시킬 수 있는 중요한 스트레칭 기법으로 현장에서 보다 쉽게 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

한편 Cools 등[21]과 Manske 등[22]의 연구에서는 관절 가동화(joint mobilization) 기법이 추가적으로 동원되어 주 2회 10~15분간 지속되었다. 또한 3~4주간의 중재를 실시한 뒤 3~4 주 경과 후 재평가를 하여 어떠한 치료 없이도 효과가 지속되는지를 평가하였다[21,22]. Cools 등[21]의 연구에서는 스트레칭 기법을 수행한 그룹과 관절가동화 기법을 적용한 그룹을 비교하였으며, Manske 등[22]의 연구는 스트레칭 그룹과 스트레칭과 관절가동화 기법을 모두 적용하는 그룹으로 나누어 실험을 진행하였다. Cools 등[21]의 연구는 두 그룹 모두 치료직후 측정과 사후검사에서 개선된 관절가동범위를 보인 것으로 보고했다. 또한 Manske 등[22]의 연구에서는 관절가동화 기법을 함께 적용한 그룹에서 주축과 비 주축 어깨관절 간의 관절가동범위 차이가 줄어드는 결과를 보였으며 이는 4주 후에도 지속되었다. 이에 대해 어깨관절에 수동적으로 실시된 관절가동기법 적용 또한 어깨 안쪽 돌림 결핍의 원인 중 하나인 관절 주머니의 구축을 향상시킬 수 있기 때문인 것으로 보이고 또한 장기간 효과가 지속된다고 보고하였다[21,22]. 이를 통해 스트레칭 기법에 관절가동화 기법을 추가하여 적용하는 것이 효율적일 수 있다고 사료된다. 그러나 중재효과가 근육과 관절주머니 중 어디에 영향을 미쳤는지 알 수 없다는 제한점이 존재한다. 그러므로 추후 연구에서는 후방 어깨관절주머니의 구축에 대한 평가 방법과 이를 적극적으로 중재할 수 있는 방법을 적용할 필요가 있다.

현재까지 실시된 등을 대고 누운 자세의 안쪽 돌림 가동범위의 측정은 관절 각도계(goniometer)를 이용할지라도 재 측정과 검사자 간 측정 신뢰도가 높은 것으로 보고되었다. 하지만 이러한 측정 방법이 어깨 안쪽 돌림 결핍의 원인이 되는 두 개의 연부 조직인 바깥 돌림 근육과 후방 관절 주머니 중 어느 조직의 단축을 측정하는지 확인되지 못한 채 사용되고 있다[9]. 이러한 제한점을 보완하기 위하여 최근 어깨 후방 구축의 측정에 관한 새로운 방법이 제시되었다[29]. Borstad 등[30]은 바깥 돌림 근육의 피로를 유발시킨 후 myotonometer의 측정 장비를 사용하여 근육의 구축이 가동범위 자세에 따른 영향을 측정하였다. 등을 대고 누운 자세 어깨

벌림 90°에서 안쪽 돌림, 높은 굽힘 자세, 등을 대고 누운 어깨 수평 모음 자세에서 모두 바깥 돌림 피로에 따라 유의한 차이가 있는 것을 발견하였으며 어깨 후방 관절 주머니에 미치는 수동적 장력이 낮은 굴곡 자세에서 가장 큰 것을 발견하였다. 이러한 결과를 바탕으로 <Figure 2>와 같이 어깨 굽힘 40°에서 안쪽 돌림을 측정하는 것이 후방 관절 주머니 검사로 보다 적절하다고 보고하였다[30]. 또한 최근 연구에서는 어깨 낮은 굽힘 자세의 안쪽 돌림 가동범위가 던지기 운동 전과 후 차이가 없는 것으로 나타나 근육의 피로에 영향을 받지 않으므로 이러한 측정 자세는 후방 관절주머니 구축을 측정하기 위한 특이적 검사로 높은 신뢰도와 타당도를 증명하였다[29]. 이것은 앞으로의 연구에서 어깨 안쪽 돌림 결핍 가동 범위 측정을 위해서는 낮은 굽힘 40° 자세를 포함시켜 안쪽 돌림 결핍의 원인이 후방 근육의 단축인지 관절 주머니의 구축인지 식별하는 것이 필요하다는 것을 암시한다. 이는 스트레칭이 어느 조직에 영향을 미쳤는지 알 수 없다는 제한점에 대한 해결 방안이 될 수 있을 것이다.

Figure 2. New measurement posterior capsule tightness

결론

어깨안쪽돌림결핍과 어깨후방구축을 해결하기 위하여 시도된 슬리퍼 및 몸통 교차 수평 모음 스트레칭 중재 방법은 관절가동범위 증가에 긍정적인 결과를 만들어 낼 수 있다는 근거를 제공한 자료라고 생각된다. 특히 오버헤드 스포츠 참가자들을 대상으로 한 상해 예방 및 재활 운동 프로그램에 두 가지 스트레칭 손상 방법을 적용함으로써 긍정적인 효과를 만들어 낼 수 있을 것으로 사료된다. 하지만 앞선 연구들 대부분이 검사자에 의한 보조가 동반된 스트레칭이 보다 효과적이라고 언

급된 바 있다. 따라서 능동적으로 최적의 효과를 낼 수 있는 스트레칭을 수행할 수 있도록 이에 대한 지침이 제안되어야 한다. 또한 현장에서 적용 시에는 보조자에 의한 견갑 안정화 기법을 적용하여 스트레칭을 적용하고, 관절가동화 기법을 같이 적용할 것을 권장한다. 추가적으로 자가 통제된 견갑골 안정화 기법을 적용한 스트레칭 중재와 어깨안쪽돌림결핍에 관한 연구가 더욱 필요할 것으로 생각된다. 그리고 어깨 어깨안쪽돌림결핍의 원인을 보다 명확하게 규명하기 위하여 낮은 굽힘 자세의 가동 범위 측정을 포함할 것을 권장한다.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Jo YJ, Kim YK. Different types of shoulder injuries of throwing and resistance training groups. *Asian J Kinesiol*. 2016; 18 (3):73-83.
- Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part I: pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy*. 2003; 19 (4):404-20.
- Cools AM, Palmans T, Johansson FR. Age-related, sport-specific adaptations of the shoulder girdle in elite adolescent tennis players. *J Athl Train*. 2014; 49 (5):647-53.
- Kim YK, Park IY. The Relationships of Humerus Retroversion and Range of Motion associated with Baseball Career in the Throwing Shoulder. *Asian J Kinesiol*. 2010; 12(3):89-96.
- Laudner KG, Moline MT, Meister K. The relationship between forward scapular posture and posterior shoulder tightness among baseball players. *Am J Sports Med*. 2010; 38(10):2106-12.
- Reinold MM, Wilk KE, Macrina LC, et al. Changes in shoulder and elbow passive range of motion after pitching in professional baseball players. *Am J Sports Med*. 2008; 36(3):523-7.
- Laudner KG, Lynall R, Meister K. Shoulder adaptations among pitchers and position players over the course of a competitive baseball season. *Clin J Sport Med*. 2013; 23(3):184-9.
- Myers JB, Laudner KG, Pasquale MR, Bradley JP, Lephart SM. Glenohumeral range of motion deficits and posterior shoulder tightness in throwers with pathologic internal impingement. *Am J Sports Med*. 2006; 34(3):385-91.
- Muraki T, Yamamoto N, Zhao KD, et al. Effects of posterior capsule tightness on subacromial contact behavior during shoulder motions. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012; 21(9):1160-7.
- Tyler TF, Nicholas SJ, Lee SJ, Mullaney M, McHugh MP. Correction of posterior shoulder tightness is associated with symptom resolution in patients with internal impingement. *Am J Sports Med*. 2010; 38(1):114-9.
- Grossman MG, Tibone JE, McGarry MH, Schneider DJ, Veneziani S, Lee TQ. 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.
- 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.
- Amin NH, Ryan J, Fening SD, Soloff L, Schickendantz MS, Jones M. The relationship between glenohumeral internal rotational deficits, total range of motion, and shoulder strength in professional baseball pitchers. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015; 23(12):789-96.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Int J Surg*. 2010; 8(5):336-41.
- Guney H, Karabicak GO, Pekiavas NO, et al. Which stretching technique is effective in decreasing glenohumeral internal rotation deficit?. *Med Sport*. 2015; 68:291-302.
- Hammons D, McChesney JW, Curtin M, Pfeiffer R, Thiede KW. Randomized and Blinded Study for the Treatment of Glenohumeral Internal Rotation of Motion Restriction: The Prone-Passive Stretching Technique. *Official J Sports Med Allied Health Sci*. 2015; 1(2):1-9

17. Laudner KG, Sipes RC, Wilson JT. The acute effects of sleeper stretches on shoulder range of motion. *J Athl Train*. 2008; 43(4):359-63.
18. Maenhout A, Van Eessel V, Van Dyck L, Vanraes A, Cools A. Quantifying acromiohumeral distance in overhead athletes with glenohumeral internal rotation loss and the influence of a stretching program. *Am J Sports Med*. 2012; 40(9):2105-12.
19. McClure P, Balaicuis J, Heiland D, Broersma ME, Thorndike CK, Wood A. A randomized controlled comparison of stretching procedures for posterior shoulder tightness. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2007; 37(3):108-14.
20. Yamauchi T, Hasegawa S, Nakamura M, et al. Effects of two stretching methods on shoulder range of motion and muscle stiffness in baseball players with posterior shoulder tightness: a randomized controlled trial. *J Shoulder Elbow Surg*. 2016; 25(9):1395-403.
21. Cools AM, Johansson FR, Cagnie B, Cambier DC, Witvrouw EE. Stretching the posterior shoulder structures in subjects with internal rotation deficit: comparison of two stretching techniques. *J Shoulder Elbow*. 2012; 4(1):56-63.
22. Manske RC, Meschke M, Porter A, Smith B, Reiman M. 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.
23. Salamh PA, Kolber MJ, Hanney WJ. Effect of scapular stabilization during horizontal adduction stretching on passive internal rotation and posterior shoulder tightness in young women volleyball athletes: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015; 96(2):349-56.
24. Borsa PA, Dover GC, Wilk KE, Reinold MM. Glenohumeral range of motion and stiffness in professional baseball pitchers. *Med Sci Sports Exerc*. 2006; 38(1):21-6.
25. Myers JB, Oyama S, Goerger BM, Rucinski TJ, Blackburn JT, Creighton RA. Influence of humeral torsion on interpretation of posterior shoulder tightness measures in overhead athletes. *Clin J Sport Med*. 2009; 19(5):366-71.
26. Bailey LB, Shanley E, Hawkins R, et al. Mechanisms of shoulder range of motion deficits in asymptomatic baseball players. *Am J Sports Med*. 2015; 43(11):2783-93.
27. Tyler TF, Nicholas SJ, Lee SJ, Mullaney M, McHugh MP. Correction of posterior shoulder tightness is associated with symptom resolution in patients with internal impingement. *Am J Sports Med*. 2010; 38(1):114-9.
28. Borsa PA, Laudner KG, Sauers EL. Mobility and stability adaptations in the shoulder of the overhead athlete. *Sports Med*. 2008; 38(1):17-36.
29. Borstad JD, Dashottar A, Stoughton T. Validity and reliability of the Low Flexion measurement for posterior glenohumeral joint capsule tightness. *Man Ther*. 2015; 20(6):875-8.
30. 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.