Journal of the Korea Convergence Society
Vol. 11. No. 6, pp. 393-400, 2020

ISSN 2233-4890 / eISSN 2713-6353
https://doi.org/10.15207/JKCS.2020.11.6.393

테니스 선수의 어깨 통증과 플랫서브 동작의 견갑골 움직임 분석

박종철[1], 차정훈[2*]
[1]한국스포츠정책과학원 스포츠과학연구실 선임연구위원
[2]한국체육대학교 사회체육학과 교수

Analysis shoulder pain of tennis players and the movement of the scapula in flat serve

Jong-Chul Park[1], Jung-Hoon Cha[2*]
[1]Senior Researcher, Dept. of Sport Science, Korea Institute of Sport Science
[2]Professor, Dept. of Community Sport, Korea National Sport University

요 약 본 연구는 테니스 1st 플랫서브 동작에서 어깨 통증 유무에 따른 견갑골의 움직임 차이를 확인하기 위해 테니스 선수 15명(남8, 여7)을 대상으로 3차원 영상분석시스템을 활용하여 견갑골의 앞쪽/뒤쪽 기울임, 아래쪽/위쪽 회전 및 안쪽/바깥쪽 회전에 대한 각속도와 모멘트를 산출하여 이를 집단 간 비교 분석을 하였다. 그 결과, 앞쪽/뒤쪽 기울임에 대한 최대 각속도는 실험군인 어깨통증집단(SPG)보다 대조군 집단(CG)이 빠른 경향을 보였으며, 팔로우 스로우 구간을 제외하고 모든 국면에서 안쪽/바깥쪽 회전 최대 각속도가 SPG가 CG보다 빠른 것으로 나타났다. 후기 코킹 구간에서의 앞쪽/뒤쪽 기울임 최대 모멘트가 SPG보다 CG가 더 크게 나타났고 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 코킹 구간의 위쪽/아래쪽 회전 최대 모멘트 또한 SPG가 CG보다 작게 나타나면서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 안쪽/바깥쪽 회전 모멘트는 모든 국면에서 CG가 SPG보다 큰 것으로 나타났다.

주제어 : 테니스, 견갑골, 어깨통증, 플랫서브, 각속도, 모멘트

Abstract This study used a three-dimensional motion analysis system for 15 elite tennis players (male 8, female7) to identify the relevance of scapula movement to shoulder pain. During the flat serve, the angular velocity and joint moment of scapula anterior/posterior tilt, downward/upward rotation, internal/external rotation were calculated and this was compared between groups. As a result, the maximum angular velocity for the anterior and posterior tilt tended to be higher in control group(CG) than in the shoulder pain group(SPG), and the maximum angular velocity for internal and external rotation in all phases except the follow-through phase was higher than that of CG. The maximum moment for the anterior and posterior tilt in the late coking phase was statistically significantly higher than that of SPG, the joint moment for the downward and upward rotation of the coking phase was statistically significantly lower than that of CG, and the moment for the internal and external rotation, the SPG was found to be lower than that of CG in the whole phases.

Key Words : Tennis, Scapula, Shoulder Pain, Flat Serve, Angular Velocity, Moment

*This study was based on Jong-chul Park's research by the Korea Institute of Sport Science in 2017.
*Corresponding Author : Jung-Hoon Cha(jhcha8055@knsu.ac.kr)
Received May 1, 2020 Revised June 1, 2020
Accepted June 20, 2020 Published June 28, 2020

1. 서론

테니스 서브는 대표적인 오버헤드 동작(overhead activities)으로 서브를 수행하는 동안 복잡한 구조로 되어있는 견관절(shoulder complex)에 큰 신체적 부하(physical load)가 작용되며, 신체적 부하는 어깨 부상과 통증을 발생시키는 주요한 원인으로 알려져 있다. 테니스 종목에서 선수들은 1,000 시간 운동 시간 중 약 3건의 스포츠 손상에 노출되는데, 이중 20~49 %가 상지(upper extremity)에 발생한다고 보고되고 있으며, 그 중 견관절 손상의 빈도가 가장 높다고 알려져 있다[1].

테니스 선수들이 서브 동작을 효율적으로 수행하기 위해서는 견관절의 안정성 (stability)과 가동성 (mobility)이 요구되며, 안정성과 가동성을 확보하지 못 할 경우, 견관절 부상 가능성이 증가된다[2]. 특히, 관절와상완관절(glenohumeral joint) 최대외회전 (external rotation), 최대수평외전 (horizontal abduction)이 되는 후기 코킹(late cocking) 시점에서 견관절의 움직임이 효율적이지 못하면 회전근개(rotator cuff)에 기계적 마찰(mechanical friction)을 발생시킬 수 있으며, 선수들은 만성적인 어깨 부상 및 통증의 주요 원인으로 보고되고 있다[3, 4]. 많은 선행연구에서는 오버헤드 동작을 수행하는 선수들의 우성상지(dominant arm) 움직임 변화, 견갑골의 부적절한 움직임(scapular dyskinesis), 견갑골의 동적 조절 실패(dynamic control), 회전근개의 운동능력 감소, 관절와상완관절의 내측회전 제한(glenohumeral internal rotation deficits, GIRD), 바르지 못한 자세 및 견갑골의 위치변화 등은 어깨 부상 및 통증을 일으키는 주요요인으로 보고되고 있다[5]. 이 중 견갑골 위치변화는 견관절 충돌증후군 (shoulder impingement syndrome), 견관절 불안정성 (shoulder instability) 등과 같은 견관절의 장애 (shoulder disorders)와 연관성이 매우 높은 것으로 보고되고 있지만 견갑골의 정확한 기능과 역할에 대해서는 여전히 논쟁되고 있고 견갑골의 위치가 견관절의 부상과 통증에 어떤 영향을 미치고 있는지 의문으로 남아있다[5].

견관절의 움직임(shoulder rhythm)은 관절와상완관절(glenohumeral joint)에서의 상완골(humerus)과 견갑골(scapula)의 상호 유기적인 움직임과 흉쇄관절(sternoclavicle joint)과 견쇄관절(acromioclavicle joint)에서 쇄골(clavicle)과 견갑골(scapula)의 상호 유기적인 움직임, 흉곽 뒤쪽에서 견갑골 (scapula)의 미끄러짐 등 움직임들이 복합적으로 유기적으로 작용하여 발생한다. 이러한 이유로 견관절의 움직임(shoulder rhythm)은 개인 신체적 구조에 따라 매우 다양하고, 견갑골 움직임은 상완골이 움직이는 각도(angle)와 면(plane)에 따라 달라진다. 따라서 많은 급성(acute) 혹은 만성(chronic) 손상에 노출되어있는 견관절에 대한 움직임 분석은 매우 중요하다고 할 수 있다[6, 7].

따라서 본 연구에서는 첫 번째 플랫 서브(flat first serve) 동작 시 어깨 통증을 호소하는 엘리트 테니스 선수들을 대상으로, International Society of Biomechanics(ISB)의 권고 사항을 준수하고 견갑골봉우리에 클러스터마커(acromial maker cluster)를 사용해 서브 동작을 수행하는 동안 견갑골(scapula)의 움직임을 확인하여 이를 대조군과 비교분석함으로써 어깨통증 유무에 따른 견갑골 움직임의 차이를 규명하고자 하였다.

2. 연구방법

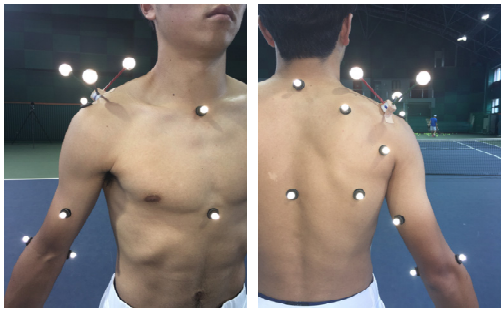
2.1 연구대상

본 연구의 대상은 대학교 엘리트 테니스 선수들 중 실험 목적과 방법 및 절차에 대하여 설명을 들은 후, 자발적 참여에 동의한 15명을 대상으로 하였다. 실험 전 플랫 서브 동작 시 견관절 통증 여부는 시각통증척도(visual analogue scale, VAS)를 활용해 선별하였으며 3 이상의 통증이 1 개월 이상 지속된 선수들을 실험 집단인 어깨통증집단(shoulder pain group, SPG)으로 선정하였고, 실험집단의 인구통계학적인 특성을 고려하여 대조군 집단(control group, CG)을 선정하였다. 최근 1년 이내 상지, 경추 및 흉추의 수술 혹은 근골격계 질환이 있거나 기타 신경학적 증상을 보이는 자는 연구에서 제외하였다. 연구대상자의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General Characteristics of Subjects

Group	Sex (n, %)		Age(yrs.)	Career(yrs.)	Height(cm)	Weight(kg)	Dominant arm(n, %)	
	Male	Female					Right	Left
SPG(n=7)	3(42.9)	4(57.1)	21.20±1.38	10.71±1.60	170.14±10.93	63.57±6.90	5(71.4)	2(28.6)
CG(n=8)	5(62.5)	3(37.5)	21.75±1.03	11.75±2.49	174.50±12.24	71.25±10.33	7(87.5)	1(12.5)

SPG: shoulder pain group, CG: control group



Front view Back view

Fig. 1. Marker Setting

2.2 실험절차

본 연구는 플랫서브 동작 시 견갑골 위치 및 움직임에 대한 운동역학적 분석을 위해 적외선 카메라(Qualisys 7+, SWE) 10대를 사용하였고 동작분석 자료와 영상의 동기화(sync)를 위해 비디오카메라(Qualisys 2C, SWE) 1대를 활용하였다. 적외선 카메라 10대를 서브 동작 위치 중심으로 둘러서 설치하였으며 2 m × 5 m × 3 m의 공간을 확보하여 동작이 모두 포함될 수 있도록 배치하였으며 전역좌표계(Global Coordination System)를 생성하기 위하여 NLT(Non-Linear Transformation) 방식으로 3차원 공간좌표를 정의하였다. 원자료(Raw data)는 QTM(Qualisys Track Manager) 2.15 프로그램을 통해 수집하였다.

모든 연구대상자는 설문지(인구통계학적 특성, 운동경력, 우성상지(dominant arm), 병력 등)를 작성한 후, 견갑골의 움직임을 평가할 수 있도록 제안된 International Society of Biomechanics(ISB)의 권고한 프로토콜[8, 9]을 기초로 연구에 맞게 변경, 수정하여 11개의 12.7mm 반사 마커를 흉곽(thorax)과 우성상지에 부착하였다(Fig. 1 참고). 추가적으로 견갑골 가시(scapular spinae, SS)에는 견갑골봉우리에 클러스터마커(acromial maker cluster)를 선행연구를 참조 제작하여 부착하였으며[10, 11], 플랫서브(flat first serve)의 시점 등의 확인을 위해 비우성상지(non-dominant arm)의 견갑골봉우리(acromion)에 추가적으로 반사마커를 부착하였다. 또한 임팩트(impact) 시점을 확인하기 위해 라켓 프레임(frame)에 4개의 반사 마커를 추가로 부착하였다[12]. 대상자들은 5분간 준비운동 (warm-up)을 실시한 후, 총 12회의 플랫서브를 시행할 수 있도록 교육하였다. 이후 가장 성공적인 3회의 성공한 플랫서브에 대한 데이터를 수집하여 분석에 사용하였다. 플랫서브를 시행하는 동안 본인이 능력을 100% 발휘할 수 있도록 요청하였다.

2.3 자료분석

플랫서브 동작은 5개의 중요 이벤트(event)를 설정하여 4개의 구간(phases)으로 구분하였다[9]. 코킹 구간(cocking phase)은 공이 손에서 떨어지는 시점(Event 1, E1)부터 흉곽에 대해 상완골(humerus)이 최대로 외회전(maximally externally rotated, MER)이 되는 시점(Event 3, E3), 즉 ISB recommendations[8]에 따라 흉곽 (thorax)의 SCS에 대한 상완골의 SCS가 최대 외회전 되었을 때 까지로 정하였으며, 이 구간을 초기 코킹 구간(early cocking phase)과 후기 코킹 구간(late cocking phase) 2개의 구간으로 세분화하였다. 코킹 구간(cocking phase)의 75% 시점(Event 2, E2)을 초기 코킹, 나머지 25% 시점(Event 3, E3)을 후기 코킹으로 정의하였다. 또한 가속 구간(acceleration phase)는 MER 순간부터 임팩트 시점(Event 4, E4)까지로 정의하

Event 1 Event 2 Event 3 Event 4 Event 5

Phase 1 Phase 2 Phase 3 Phase 4

Fig. 2. Define of Event & Phase

였고, 팔로우 스로우 구간(follow-through phase)은 임팩트 시점 이후 라켓이 끝 지점이 가장 낮아지는 시점(Event 5, E5)까지로 정하였다(Fig. 2 참고). QTM을 활용하여 얻어진 3차원 동작분석 자료는 Visual3D(C-motion, USA)를 활용하여 어깨관절의 각속도와 모멘트(Moment) 변인을 산출하였다. 수집한 반사 마커의 위치 좌표 원 자료(Raw) 데이터는 저역필터(Lowpass filter) 15 Hz를 적용하여 노이즈를 제거하였다.

2.4 통계분석

실험을 통해 얻어진 모든 데이터는 SPSS 21.0 for window 통계프로그램을 이용하여 기술 통계를 산출하였고, 각 이벤트에 따라 정의된 구간에서 최대/최소 각속도 및 모멘트에 대한 그룹 간 차이를 확인하기 위해 독립표본 t-검정 (independent t-test)을 실시하였다. 모든 가설의 유의 수준은 α=.05로 설정하였다.

3. 연구결과

3.1 각속도 차이 분석

Table 2에서 보는 바와 같이 구간별 집단 간 앞쪽/뒤쪽 기울임 최대 각속도 차이를 집단 간 비교 분석한 결과 P1의 SPG 최대 각속도 (116.5 ± 23.7 °/sec)가 CG (143.0 ± 96.7 °/sec)보다 더 느린 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 없었고 (t=-0.75, p=.47), P2의 SPG 최대 각속도 (198.6 ± 75.2 °/sec)와 CG 각속도 (205.2 ± 90.8 °/sec) 또한 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(t=-0.15, p=.88). P3의 SPG 최대 각속도 (-11.2 ± 194.6 °/sec)가 CG (-58.0 ± 96.8 °/sec)보다 더 느린 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았고(t=0.60, p=.55), P4 또한 SPG 최대 각속도 (570.6 ± 167.0 °/sec)가 CG (775.7 ± 278.5 °/sec)보다 더 느린 것으로 나타났지만 통계적으로 유의하지 않았다 (t=-1.68, p=.11). 최소 각속도 차이를 비교분석한 결과 P1의 SPG 최소 각속도 (-106.8 ± 52.0 °/sec)가 CG (-83.3 ± 54.7 °/sec)보다 더 빠

Table 2. Analysis of shoulder joint angular velocity differences between groups (Unit: °/sec)

Event and Moment (Maximum & Minimum)			SPG (n=7)	CG (n=8)	t	p
P1	anterior/posterior tilt	Max	116.5 ± 23.7	143.0 ± 96.7	-0.75	.47
		Min	-106.8 ± 52.0	-83.3 ± 54.7	-0.83	.41
	downward/upward rotation	Max	157.6 ± 52.5	102.6 ± 65.7	1.77	.09
		Min	-115.3 ± 71.3	-136.7 ± 44.2	0.70	.49
	internal/external rotation	Max	91.1 ± 118.0	41.7 ± 49.8	1.02	.33
		Min	-168.8 ± 52.8	-250.2 ± 125.0	1.67	.12
P2	anterior/posterior tilt	Max	198.6 ± 75.2	205.2 ± 90.8	-0.15	.88
		Min	-181.4 ± 142.5	-176.4 ± 138.8	-0.06	.94
	downward/upward rotation	Max	146.6 ± 86.8	156.0 ± 103.0	-0.18	.85
		Min	-459.6 ± 241.2	-358.3 ± 204.7	-0.88	.39
	internal/external rotation	Max	64.8 ± 111.9	59.8 ± 69.7	0.10	.91
		Min	-384.6 ± 183.4	-480.5 ± 106.0	1.26	.22
P3	anterior/posterior tilt	Max	-11.2 ± 194.6	-58.0 ± 96.8	0.60	.55
		Min	-443.8 ± 222.0	-427.3 ± 170.7	-0.16	.87
	downward/upward rotation	Max	-38.4 ± 168.6	7.4 ± 166.3	-0.52	.60
		Min	-452.8 ± 224.9	-536.5 ± 236.1	0.70	.49
	internal/external rotation	Max	1077.0 ± 370.7	850.2 ± 509.5	0.97	.34
		Min	-262.9 ± 671.0	-32.0 ± 109.4	-0.96	.35
P4	anterior/posterior tilt	Max	570.6 ± 170.0	775.7 ± 278.5	-1.68	.11
		Min	-254.0 ± 80.2	-280.6 ± 186.4	0.36	.72
	downward/upward rotation	Max	739.6 ± 352.2	1106.5 ± 456.6	-1.72	.10
		Min	-256.2 ± 163.1	-257.2 ± 255.6	0.01	.99
	internal/external rotation	Max	1162.1 ± 292.7	1254.2 ± 485.6	-0.43	.67
		Min	-347.8 ± 191.9	-165.5 ± 277.5	-1.45	.16

Positive (+) values mean anterior tilt, downward rotation, internal rotation
Negative (-) values mean and posterior tilt, upward rotation, external rotation

른 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 없었고 (t=-0.83, p=.41), P2와 P3의 SPG 최소 각속도 (각각 -181.4 ± 142.5 °/sec, -443.8 ± 222.0 °/sec)와 CG의 최소 각속도 (각각 -176.4 ± 138.8 °/sec, -427.3 ± 170.7 °/sec)는 유의한 차이가 나타나지 않았다 (각각 t=-0.06, p=.94와 t=-0.16, p=.87). P4의 SPG 최소 각속도 (-254.0 ± 80.2 °/sec)가 CG (-280.6 ± 186.4 °/sec)보다 더 느린 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다 (t=0.36, p=.72).

구간별 집단 간 아래쪽/위쪽 회전 최대 각속도 차이를 비교 분석한 결과 P1의 SPG 최대 각속도 (157.6 ± 52.5 °/sec)가 CG (102.6 ± 65.7 °/sec)보다 더 빠른 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았고 (t=1.77, p=.09), P2의 SPG 최대 각속도 (146.6 ± 86.8 °/sec)가 CG (156.0 ± 103.0 °/sec)보다 느린 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(t=-0.18, p=.85). P3의 SPG 최대 각속도 (-38.4 ± 168.6 °/sec)는 CG (7.4 ± 166.3 °/sec)보다 더 빠른 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았고 (t=-0.52, p=.60), P4의 SPG 최대 각속도 (739.6 ± 352.2 °/sec)가 CG (1106.5 ± 456.6 °/sec)보다 더 느린 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다(t=-1.72, p=.10). 최소 각속도 차이를 비교 분석한 결과 P1의 SPG 최소 각속도 (-115.3 ± 71.3°/sec)가 CG (-136.7 ± 44.2 °/sec)보다 느린 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았고 (t=0.70, p=.49), P2의 SPG 최소 각속도 (-459.6 ± 241.2 °/sec)가 CG 각속도 (-358.3 ± 204.7 °/sec)보다 빠른 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(t=-0.88, p=.39). P3과 P4의 SPG 최소 각속도 (각각 -452.8 ± 224.9 °/sec, -256.2 ± 163.1 °/sec)와 CG 각속도 (각각 -536.5 ± 236.1 °/sec, -257.2 ± 255.6 °/sec)는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다 (각각 t=0.70, p=.49, t=0.01, p=.99).

구간별 집단 간 안쪽/바깥쪽 회전 최대 각속도 차이를 비교 분석한 결과 P1의 SPG 최대 각속도 (91.1 ± 118.0 °/sec)가 CG (41.7 ± 49.8°/sec)보다 더 빠른 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았고 (t=1.02, p=.33), P2의 SPG 최대 각속도 (64.8 ± 111.9 °/sec)와 CG 각속도 (59.8 ± 69.7 °/sec)는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다 (t=0.10, p=.91). P3의 SPG 최대 각속도 (1077.0 ± 370.7°/sec)가 CG (850.2 ± 509.5 °/sec)보다 더 빠른 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았고 (t=0.97, p=.34), P4의 SPG 최대 각속도 (1162.1 ± 292.7 °/sec)가 CG (1254.2 ± 485.6 °/sec)보다 느린 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 (t=-0.43, p=.67). 최소 각속도 차이를 비교분석한 결과 P1의 SPG 최소 각속도 (-168.8 ± 52.8 °/sec)가 CG (-250.2 ± 125.0 °/sec)보다 느린 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았고 (t=1.67, p=.12), P2의 SPG 최소 각속도 (-384.6 ± 183.4 °/sec)가 CG 각속도 (-480.51 ± 106.01 °/sec)보다 느린 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다 (t=1.26, p=.22). P3의 SPG 최소 각속도 (-262.9 ± 671.0 °/sec)가 CG (-32.0 ± 109.4 °/sec)보다 빠른 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았고 (t=-0.96, p=.35), P4의 SPG 최소 각속도 (-347.8 ± 191.9 °/sec)가 CG (-165.5 ± 277.5 °/sec)보다 빠른 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 (t=-1.45, p=.16).

3.2 모멘트 차이 분석

Table 3에서 보는 바와 같이 구간별 집단 간 앞쪽/뒤쪽 기울임의 최대 모멘트 차이를 비교분석한 결과 P1의 SPG 최대 모멘트 (3.5 ± 2.1 Nm)가 CG (2.91 ± 1.89 Nm)보다 큰 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았고 (t=0.58, p=.56), P2의 SPG 최대 모멘트 (10.3 ± 6.2 Nm)가 CG 모멘트 (10.4 ± 4.8 Nm)와 유사한 것으로 나타나면서 통계적으로도 유의한 차이가 없었다 (t=-0.06, p=.94). P3의 SPG 최대 모멘트 (-0.1 ± 1.5 Nm)가 CG (2.9 ± 3.1 Nm)보다 작은 것으로 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 나타냈고 (t=-2.33, p=.03), P4의 SPG 최대 모멘트 (3.2 ± 2.6 Nm)가 CG 모멘트 (3.3 ± 1.6 Nm)와 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(t=-0.04, p=.96). 최소 모멘트 차이를 비교분석한 결과 P1의 SPG 최소 모멘트 (0.1 ± 0.3 Nm)는 CG (-0.4 ± 0.6 Nm)보다 큰 것으로 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 나타냈고 (t=2.16, p=.04), P2의 SPG 최소 모멘트 (-6.7 ± 6.7 Nm)가 CG 모멘트 (-7.1 ± 3.8 Nm)와 통계적으로 유의한 차이는 없었다 (t=0.15, p=.87). P3의 SPG 최소 모멘트 (-7.6 ± 4.7 Nm)가 CG (-6.9 ± 2.6 Nm)보다 큰 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았고 (t=-0.33, p=.74), P4의 SPG 최소 모멘트 (-5.5 ± 2.7 Nm)가 CG 모멘트 (-8.4 ± 5.2 Nm) 보다 작은 것

으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 (t=1.33, p=.20).

구간별 집단 간 아래쪽/위쪽 회전 최대 모멘트 차이를 비교 분석한 결과 P1의 SPG 최대 모멘트 (0.0 ± 0.4 Nm)는 CG 모멘트 (0.0 ± 1.2 Nm)와 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았고 (t=-0.01, p=.98), P2의 SPG 최대 모멘트 (8.8 ± 6.0 Nm)가 CG 모멘트 (18.1 ± 7.7 Nm)보다 작은 것으로 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다 (t=-2.58, p=.02). P3 또한 SPG 최대 모멘트 (10.0 ± 6.5 Nm)가 CG (19.1 ± 7.9 Nm)보다 작은 것으로 나타났고 통계적으로 유의한 차이를 나타났고 (t=-2.40, p=.03), P4의 SPG 최대 모멘트 (8.6 ± 5.7 Nm)가 CG 모멘트 (10.5 ± 5.1 Nm)보다 작은 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 (t=-0.68, p=.05). 최소 모멘트 차이를 비교 분석한 결과 P1의 SPG 최소 모멘트 (-3.1 ± 2.0 Nm)는 CG 모멘트 (-3.9 ± 1.5 Nm)와 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았고 (t=0.86, p=.40), P2의 SPG 최소 모멘트 (-4.5 ± 1.9 Nm)가 CG의 모멘트 (-8.1 ± 4.7 Nm)보다 작은 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 (t=1.96, p=.08). P3의 SPG 최소 모멘트 (-1.6 ± 5.0 Nm)가 CG (3.1 ± 5.4 Nm)보다 작은 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았고 (t=-1.74, p=.10), P4의 SPG 최소 모멘트 (-4.8 ± 2.7 Nm)가 CG의 모멘트 (-6.0 ± 3.9 Nm)와 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 (t=0.64, p=.53).

구간별 집단 간 안쪽/바깥쪽 회전 최대 모멘트 차이를 비교 분석한 결과 P1의 SPG 최대 모멘트 (4.0 ± 4.2 Nm)는 CG 최대 모멘트 (4.6 ± 3.1 Nm)와 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았고 (t=-0.30, p=.76), P2의 SPG 최대 모멘트 (10.7 ± 7.3 Nm)가 CG 최대 모멘트 (16.6 ± 7.3 Nm)보다 작은 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다 (t=-1.56, p=.14). P3 또한 SPG 최대 모멘트 (0.9 ± 4.4 Nm)가 CG (3.3 ± 4.6 Nm)보다 작은 것으로 나타났지만 통계적으로 차이를 나타내지 않았고 (t=-1.02, p=.32), P4 또한 SPG 최대 모멘트 (3.6 ± 3.4 Nm)가 CG 최대 모멘트 (5.1 ± 2.9 Nm)보다 작은 것으로 나타났지만 통계적인 차이는 없는 것으로 나타났다 (t=-0.92, p=.37). 최소 모멘트 차이를 비교 분석한 결과 P1의 SPG 최소 모멘트 (0.0 ± 0.5

Table 3. Analysis of shoulder joint moment differences between groups (Unit: Nm)

Event and Moment (Maximum & Minimum)			SPG (n=7)	CG (n=8)	t	p
P1	anterior/posterior tilt	Max	3.5 ± 2.1	2.9 ± 1.9	0.58	.56
		Min	0.1 ± 0.3	-0.4 ± 0.6	2.16	.04*
	downward/upward rotation	Max	-0.0 ± 0.4	0.0 ± 1.2	-0.01	.98
		Min	-3.1 ± 2.0	-3.9 ± 1.5	0.86	.40
	internal/external rotation	Max	4.0 ± 4.2	4.6 ± 3.1	-0.30	.76
		Min	0.0 ± 0.5	0.0 ± 0.5	0.69	.49
P2	anterior/posterior tilt	Max	10.3 ± 6.2	10.4 ± 4.8	-0.06	.94
		Min	-6.7 ± 6.7	-7.1 ± 3.8	0.15	.87
	downward/upward rotation	Max	8.8 ± 6.0	18.1 ± 7.7	-2.58	.02*
		Min	-4.5 ± 1.9	-8.1 ± 4.7	1.96	.08
	internal/external rotation	Max	10.7 ± 7.3	16.6 ± 7.3	-1.56	.14
		Min	-6.8 ± 14.2	-5.3 ± 14.5	-0.20	.84
P3	anterior/posterior tilt	Max	-0.1 ± 1.5	2.9 ± 3.1	-2.33	.03*
		Min	-7.6 ± 4.7	-6.9 ± 2.6	-0.33	.74
	downward/upward rotation	Max	10.0 ± 6.5	19.1 ± 7.9	-2.40	.03*
		Min	-1.6 ± 5.0	3.1 ± 5.4	-1.74	.10
	internal/external rotation	Max	0.9 ± 4.4	3.3 ± 4.6	-1.02	.32
		Min	-16.3 ± 7.9	-20.3 ± 11.2	0.78	.44
P4	anterior/posterior tilt	Max	3.2 ± 2.6	3.3 ± 1.6	-0.04	.96
		Min	-5.5 ± 2.7	-8.4 ± 5.2	1.33	.20
	downward/upward rotation	Max	8.6 ± 5.7	10.5 ± 5.1	-0.68	.05
		Min	-4.8 ± 2.7	-6.0 ± 3.9	0.64	.53
	internal/external rotation	Max	3.6 ± 3.4	5.1 ± 2.9	-0.92	.37
		Min	-5.0 ± 2.3	-8.1 ± 5.0	1.52	.15

Positive (+) values mean anterior tilt, downward rotation, internal rotation
Negative (-) values mean and posterior tilt, upward rotation, external rotation

Nm)는 CG 최소 모멘트 (0.0 ± 0.5 Nm)와 통계적으로 유의한 차이를 나타내지않았고 (t=0.69, p=.49), P2의 SPG 최소 모멘트 (-6.8 ± 14.2 Nm)가 CG 최소 모멘트 (-5.3 ± 14.5 Nm) 보다 큰 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 (t=-0.20, p=.84). P3의 SPG 최소 모멘트 (-16.3 ± 7.9 Nm)가 CG 최소 모멘트(-20.3 ± 11.2 Nm)보다 작은 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았고 (t=0.78, p=.44), P4의 SPG 최소 모멘트 (-5.0 ± 2.3 Nm)가 CG 최소 모멘트 (-8.1 ± 5.0 Nm)와 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 (t=1.52, p=.15).

4. 논의

견갑골(scapular)의 움직임은 전거근(serratus anterior) 등과 같은 어깨흉곽근육(scapulothoracic muscles)의 수축을 효율적으로 할 수 있도록 모멘트암(moment arm)을 제공한다. 극하근(infraspinatus)이 상대적으로 약하거나 근육에 피로(fatigue)가 누적 될 경우, 견갑골의 뒤쪽 기울임(posterior tilt)이 감소한다고 보고하였고[13, 14], 선행연구의 테니스 플랫 서브 동작을 수행하는 동안 코킹 단계에서 견갑골의 뒤쪽 기울임과 바깥쪽 회전(external rotation)이 최대로 나타난다고 보고 하였으며, 이러한 동작은 상완골(humerus)의 최대 외회전(maximal external rotation)을 위해서라고 보고되고 있다[9]. 2012년 런던올림픽 준비하면서 국가대표 선수들이 훈련 중 경험한 스포츠 손상에 대한 국내 연구에서도 견관절 손상은 576건(16.8%)로 가장 많은 허리 부상 580건(17.0%)과 차이가 없을 정도로 부상 발생 위험이 높은 것으로 나타났다. 특히, 경기 중 오버헤드 동작이 반복적으로 나타나는 핸드볼, 수영 등의 스포츠는 타 종목에 비해 손상이 발생할 가능성이 매우 높은 것으로 보고되고 있다[15]. 또한, 견갑골의 뒤쪽 기울임은 견관절 후방 충돌증후군(posterior impingement syndrome) 예방에 가장 중요하다고 보고되었다. 본 연구에서는 두 집단 모두 임팩트 순간에 견갑골이 뒤쪽으로 기울어지고 공을 토스하는 시점에서 SPG의 견갑골이 CG보다 더 앞쪽으로 기울어져 앞쪽, 뒤쪽 기울임 최대 각속도는 SPG보다 CG가 빠른 것으로 나타났으며, 후기 코킹 구간의 최대 모멘트도 통계적으로 유의하게 SPG보다 CG가 큰 것으로 나타났다.

플랫 서브 동작 수행 시 가속 구간에서 견갑골의 위쪽 회전(upward rotation)과 앞쪽 기울임(anterior tilt)이 발생한다고 보고하였고[8], 팔로우 스로우 구간에서는 견갑골가 안쪽 회전(internal rotation)과 아래쪽 회전(downward rotation)과 뒤쪽 기울임(posterior tilt)이 발생한다고 설명하였다. 본 연구에서는 공을 토스하는 순간 SPG의 견갑골이 CG보다 더 바깥쪽으로 회전되고 코킹 구간과 가속 구간에서는 모두 견갑골이 안쪽으로 회전되는 것을 확인할 수 있었다. 팔로우스로우 구간을 제외한 모든 시점과 구간에서 안쪽, 바깥쪽 회전 최대각속도는 SPG가 CG보다 빠른 것으로 나타났으며, 최대모멘트는 모든 시점과 구간에서 SPG가 CG보다 작은 것을 확인할 수 있었다.

5. 결론 및 제언

본 연구에서는 테니스 선수들의 어깨통증 유무에 따라 서브와 같은 오버헤드 동작 시 견갑골(scapula)의 움직임 차이를 확인하기 위해 엘리트 선수들을 대상으로 영상분석시스템을 사용하여 첫 번째 플랫 서브(flat first serve) 동작을 수행하는 동안 견갑골의 앞쪽/뒤쪽 기울임(anterior/posterior tilt)과 아래쪽/위쪽 회전(downward/upward rotation) 및 안쪽/바깥쪽 회전(internal/external rotation) 최대 및 최소 각속도와 모멘트를 산출하여 이를 집단 간 비교 분석 하였다. 그 결과, 앞쪽/뒤쪽 기울임에 대한 최대 각속도는 실험군인 어깨통증집단(SPG)보다 대조군 집단(CG)이 빠른 경향을 보였으며, 팔로우 스로우 구간을 제외하고 모든 국면에서 안쪽/바깥쪽 회전 최대 각속도가 SPG가 CG보다 빠른 것으로 나타났다. 후기 코킹 구간에서의 앞쪽/뒤쪽 기울임 최대 모멘트가 SPG보다 CG가 더 크게 나타났고 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 코킹 구간의 위쪽/아래쪽 회전 최대 모멘트 또한 SPG가 CG보다 작게 나타나면서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 안쪽/바깥쪽 회전 모멘트는 모든 국면에서 CG가 SPG보다 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 테니스 서브와 유사한 오버헤드 동작에서 어깨 통증에 따라 견갑골 움직임 차이를 확인하고 이는 어깨 통증 완화를 위한 재활훈련 과정에서 견갑골의 움직임을 고려할 필요성을 제안하고 견갑골 움직임에 대한 기준마련 등 기초자료로 활용이 가능할 것으로 생각된다.

REFERENCES

[1] N. Hjelm, S. Werner & P. Renstrom. (2010). Injury profile in junior tennis players: a prospective two year study. Knee surgery, sports traumatology, *arthroscopy, 18(6),* 845-850.
DOI : 10.1007/s00167-010-1094-4

[2] A. M. Cools, F. Struyf, K. De Mey, A. Maenhout, B. Castelein & B. Cagnie. (2013). Rehabilitation of scapular dyskinesis: from the office worker to the elite overhead athlete. *Br J Sports Med,* bjsports-2013.
DOI : 10.1136/bjsports-2013-092148

[3] M. M. Reinold, T. J. Gill, K. E. Wilk & J. R. Andrews. (2010). Current concepts in the evaluation and treatment of the shoulder in overhead throwing athletes, part 2: injury prevention and treatment. *Sports Health, 2(2),* 101-115.
DOI : 10.1177/1941738110362518

[4] H. R. Lee, J. S. Kim & S. M. Cho. (2018). Effects of Shoulder Rehabilitation Exercise Convergence Programon Pain, Range of Motion and Exercise Self-efficacyAfter Shoulder Surgery. *Journal of the Korea Convergence Society, 9(4),* 409-421.
DOI : 10.15207/JKCS.2018.9.4.409

[5] A. M. Cools, F. R. Johansson, D. Borms & A. Maenhout. (2015). Prevention of shoulder injuries in overhead athletes: a science-based approach. *Brazilian journal of physical therapy, 19(5),* 331-339.
DOI : 10.1590/bjpt-rbf.2014.0109

[6] F. Struyf, J. Nijs, M. Meeus, N. A. Roussel, S. Mottram, S. Truijen & R. Meeusen. (2014). Does scapular positioning predict shoulder pain in recreational overhead athletes? *International journal of sports medicine, 35(01),* 75-82.
DOI : 10.1055/s-0033-1343409

[7] C. A. Thigpen, D. A. Padua, L. A. Michener, K. Guskiewicz, C. Giuliani, J. D. Keener & N. Stergiou. (2010). Head and shoulder posture affect scapular mechanics and muscle activity in overhead tasks. *Journal of Electromyography and kinesiology, 20(4),* 701-709.
DOI : 10.1016/j.jelekin.2009.12.003

[8] G. Wu et al. (2005). ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion—Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. *Journal of biomechanics, 38(5),* 981-992.
DOI : 10.1016/j.jbiomech.2004.05.042

[9] I. Rogowski, T. Creveaux, V. Sevrez, L. Chèze & R. Dumas. (2015). How does the scapula move during the tennis serve? *Medicine and science in sports and exercise, 47(7),* 1444-1449.
DOI: 10.1249/mss.0000000000000543

[10] M. Šenk & L. Chèze. (2010). A new method for motion capture of the scapula using an optoelectronic tracking device: a feasibility study. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering, 13(3),* 397-401.
DOI : 10.1080/10255840903263945

[11] Y. Bet-Or, W. van den Hoorn, V. Johnston & S. P. O'Leary. (2017). Reliability and Validity of an Acromion Marker Cluster for Recording Scapula Posture at End Range Clavicle Protraction, Retraction, *Elevation and Depression. Journal of Applied Biomechanics,* 1-19.
DOI : 10.1123/jab.2017-0058

[12] T. Creveaux, R. Dumas, C. Hautier, P. Macé, L. Chèze & I. Rogowski. (2013). Joint kinetics to assess the influence of the racket on a tennis player's shoulder. *Journal of sports science & medicine, 12(2),* 259-266.
PMCID: PMC3761829

[13] N. T. Tsai, P. W. McClure & A. R. Karduna. (2003). Effects of muscle fatigue on 3-dimensional scapular kinematics. *Archives of physical medicine and rehabilitation, 84(7),* 1000-1005.
DOI : 10.1016/S0003-9993(03)00127-8

[14] G. G. Zanca, B, Grüninger & S. M. Mattiello. (2016). Effects of Kinesio taping on scapular kinematics of overhead athletes following muscle fatigue. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 29,* 113-120.
DOI : 10.1016/j.jelekin.2015.06.005

[15] E. K. Kim & T. K. Kim. (2014). Analysis of sports injuries among Korean nationalplayers during official training. *Journal of the Korean Data & Information Science Society, 25(3),* 555-565.
DOI : 10.7465/jkdi.2014.25.3.555

박 종 철(Jong-Chul Park) [정회원]

· 2002년 2월 : 상명대학교 체육학과(체육학사)
· 2004년 8월 : 상명대학교 체육학과(교육학석사)
· 2012년 2월 : 상명대학교 체육학과(체육학박사)
· 現,한국스포츠정책과학원 선임연구위원
· 관심분야 : 운동역학, 경기분석
· E-Mail : mori@sports.re.kr

차 정 훈(Jung-Hoon Cha) [정회원]

· 1997년 8월 : 한국체육대학교 일반대학원 (석사)
· 2004년 8월 : 한국체육대학교 일반대학원 (박사)
· 2012년 3월 ~ 현재 : 한국체육대학교 사회체육학과 교수
· 관심분야 : 측정평가, 코칭론, 연구법
· E-Mail : jhcha8055@knsu.ac.kr