

외부 하중이 어깨관절의 능동적 재위치 검사 결과에 미치는 영향: 3차원 동작 분석 시스템을 이용한 예비연구

황지선¹, 황선홍²

¹호서대학교 일반대학원 물리치료학과, ²호서대학교 생명보건대학 물리치료학과, 호서대학교 기초과학연구소

Effect of External Load on Shoulder Joint Active Relocation Using 3D Motion Capture System: A Pilot Study

Jisun Hwang¹, BHSc, PT, Seonhong Hwang², PhD, PT

¹Department of Physical Therapy, Graduate School of Hoseo University

²Department of Physical Therapy and Basic Science Institute, Hoseo University

Abstract

Background: There are insufficient objective or quantitative evidence for the better intervention to improve proprioception particularly for the application of external load. There are conflicting opinions whether the external load is effective for proprioception improvement or not.

Objects: The purpose of this study was to investigate effects of external load on proprioception of shoulder joint quantitatively using 3D motion capture system.

Methods: Nine healthy adults joined for this study. They were asked to perform scapular plane abduction motion with attaching reflective markers on the trunk and upper limb. The 3D positions of finger marker, while they performed the same task with and without external load, were recorded and analyzed.

Results: All participants showed decreased variable errors in the vertical direction when the external load was applied ($p < .02$). Even though other directions (y, z) and absolute errors increased, they did not have statistical significances.

Conclusion: Based on this study results, the external load application would be effective for shoulder joint position sense improvement.

Key Words: Active relocation test; Joint position Sense; Proprioception.

I. 서론

고유수용성감각(proprioceptive sense)은 3차원 공간에서 신체 분절의 위치와 움직임을 결정짓기 위해 기계적 감각 수용기(mechanoreceptor)로부터 전달된 감각 신호를 통합하는 개별능력으로 정의된다. 다시 말하면, 고유수용성 감각이란 단순히 감각 수용기만을 지칭하는 생리학적 특징만을 의미하는 것이 아니라 감각 신호를 통합하는 중추신경계의 심리적 기능까지도 포함하는 포

괄적인 개념이다. 이러한 고유수용성감각의 종류에는 여러 이견들이 있는데 Riemann 등은 관절위치감각(joint position sense; JPS), 운동감각(kinesthaesia), 장력에 대한 감각(sense of tension) 이렇게 3가지로 분류하고 있는 반면(Riemann 등, 2002), Fortier와 Basset은 운동감각(JPS와 움직임 감각), 장력에 대한 감각, 노력에 대한 감각, 균형에 대한 감각의 4가지로 분류하기도 하였다(Fortier와 Basset 2012).

대표적인 고유수용성감각 평가방법에는 수동움직임역

Corresponding author: Seonhong Hwang, shwang@hoseo.edu

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2017R1D1A1B04034104).

치검사(threshold detection of passive motion; TTDPM), 관절위치재현(joint position reproduction; JPR), 능동움직임 크기 식별 검사(active movement extent discrimination assessment; AMEDA) 3가지가 있다(Han 등, 2016). 위 3가지 평가 방법은 공통적으로 특별한 기계장치를 필요로 하며 이 장치는 기준위치(target position)를 대상자로 하여금 경험시킨 후 그 기준위치를 시각정보가 차단된 상태에서 재현하도록 하고 있다. 그 중 JPR은 기계장치가 기준위치로 움직여 주기 때문에 수동적 재현 검사(passive relocation test)로도 불린다. 기계장치를 이용하지 않고 대상자가 능동적으로 기준위치를 정한 후 시각 차단 상태에서 그 재현성을 검사하는 방법이 능동적 재위 검사(active relocation test; ART) 인데, 손가락 끝에 레이저 포인터를 부착하고 벽에 표시한 기준위치로부터 떨어진 거리를 측정하는 방법은 쉽고 빠른 고유수용성감각 평가 방법으로 임상에서는 가장 널리 사용되고 있다(Glendon 등, 2016).

팔이음뼈(shoulder girdle)는 근골격계의 구조가 복잡하고 많은 움직임이 나타나는 관절중의 하나로서 다른 관절들에 비해 큰 움직임을 만들어 내기 위해서 안정성 보다는 운동성이 강조되는(sacrifice of stability) 관절이다. 이러한 기능적, 구조적 특성 때문에 어깨관절의 고유수용성감각은 신경계 환자나 근골격계 환자 구별할 것 없이 매우 중요한 움직임 요소로 재활의 대상이 된다(Glendon 등, 2016; Suprak 등, 2007).

어깨관절의 고유수용성감각에 대한 다양한 평가방법과 중재법들에 대한 다양한 연구가 실시되어 오고 있는데, Ager 등(2017)은 어깨관절의 고유수용성 감각 평가 방법에 관한 체계적 고찰에서 등속성 운동장비를 이용한 90도 어깨벌림, 안쪽 돌림 자세에서 수동적 움직임 검사가 가장 신뢰도가 높다고 하였고, Glendon과 Hood(2016)는 건강한 성인에서는 우세측과 비우세측의 관절 위치감각에 대한 ART는 차이가 없었다고 보고하였다. Fyhr 등(2015)은 어깨관절 손상 후 능동 및 수동 관절위치감각(active and passive joint position sense; AJPS and PJPS) 결손이 나타남을 TTDPM을 이용하여 평가하였다.

임상현장에서는 쉽고 편하게 사용할 수 있는 평가방법이 많이 이용되는데, 레이저 포인터, 경사계, 각도계를 이용한 어깨관절 위치감각 평가 방법 중 레이저 포인터와 경사계를 이용한 방법이 그 중에서 신뢰도 높은 방법임을 보인 연구도 있었다(Vafadar 등, 2016). 또한, 편의성과 정확성의 절충안으로 최근 많은 연구와

개발이 이루어지고 있는 모바일 앱을 이용한 JPS 평가도 그 타당도와 실용성이 모션 트래킹 장비와 비교하여 나쁘지 않다고 보고되었다(Edwards 등, 2016).

어깨관절의 고유수용성감각에 대한 임상적, 생체역학적 보고들 중에서 특히 고유수용성감각을 쉽고 빠르게 회복하기 위한 치료방법에 대한 객관적, 정량적 증거는 아직 많이 부족한 실정이다. 냉치료, 근력강화운동, 테이핑, 외부 부하, 교란, 근 피로 등이 고유수용성감각, 즉 관절위치감각에 미치는 영향에 관한 선행연구들을 종합해 보면, 근력강화운동과 외부부하가 관절위치감각 증진에 효과가 있다고 보고되었고 나머지 요인들은 효과가 확실치 않거나 부정적인 영향을 준 것으로 나타났다(Aarseth 등, 2015; Carpenter 등, 1998; Furmanek 등, 2014; Mohapatra 등 2012; Salles 등, 2015; Suprak 등, 2007).

특히 외부 부하는 근력강화운동을 위한 저항으로 사용될 수 있으므로 임상적으로 유용하게 적용 가능한 중재법이 될 수 있다. 그러나 아직까지 이와 관련된 연구의 수가 매우 적으며, 외부부하가 어깨관절의 고유수용성감각 증진에 효과가 있다는 연구가 있는 반면(Suprak 등, 2007) 손목관절에는 효과가 없다(Marini 등, 2017; Phillips 등, 2018)는 상반된 결과가 보고되었다. 또한, 어깨와 팔꿈치를 대상으로 한 위 연구들은 외부부하가 관절 재위에 미치는 영향에 대해 정량적으로 평가를 시도한 드문 연구들이기는 하나, 관절이나 분절의 위치를 직접 측정하는 방식이 아닌 시뮬레이션 화면에서 팔의 움직임이 타겟에 어느 정도 가까이 접근하면 성공하는 게임형식으로 평가하였거나(Marini 등, 2017; Suprak 등, 2007), 팔에 착용한 기계장치의 회전각도와 토크로 관절위치와 외부부하가 측정되었다(Phillips 등, 2018).

따라서 본 연구에서는 분절의 위치를 비교적 정확하게 직접 측정하기 위한 방법으로 3차원 동작분석 장치를 이용하여 외부부하 유무에 따른 어깨관절의 재위 검사를 실시하였다. 본 연구의 목적은 외부부하가 어깨관절 고유수용성감각에 미치는 영향을 분석하는 것이며, 연구 대상자들은 외부부하를 적용했을 때 더 향상된 고유수용성감각을 보일 것이라고 가정하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

20대 건강한 성인 9명이 본 연구를 위하여 자발적으

로 참여하였다(9 females, 22±1 yr, 160.0±4.0 cm, 53.2±6.4 kg). 본 연구의 실험 프로토콜은 호서대학교 연구윤리위원회의 심의를 거쳐 승인되었으며(approval number: 1041231-160921-HR-046-02), 참여한 대상자들은 실험 전 모두 자발적 참여 동의서에 서명하였다. 연구대상자의 선정기준은 정신적 인지에 문제가 없는 자, 특별한 어깨 질환이 없는 자, 통증이나 심각한 신경계 및 근골격계 질병이 없는 자를 대상으로 선정하였고 극심한 어깨 통증을 호소하는 자, 1년 이내에 어깨 재활 수술을 경험한 자, 만성적인 어깨 통증을 호소하는 자, 어깨관절의 벌림 운동범위가 120도 미만인 자는 제외하였다. 실험에 참가한 대상자들의 특성은 Table 1과 같다.

2. 측정 장비 및 기기

손가락 끝의 위치와 어깨관절 각도를 관찰하기 위하여 6대의 적외선 카메라(Kestrel digital, Motion-Analysis Co. Ltd, USA)와 동작분석 소프트웨어(Cortex, MotionAnalysis, Co. Ltd, USA)를 이용하였다. 대상자의 우세측 상지와 몸통에는 Wu 등(2005)의 정의를 참조하여 총 11개의 반사마커를 부착하였으며 마커의 위치 정보는 120 Hz의 샘플링율로 측정되었다. 외부 부하는 대상자의 손목에 2 kg의 모래주머니를 착용하도록 하였다. 2 kg의 모래주머니는 체중 60 kg, 신장 170 cm 인 사람이 팔꿈치를 편 상태로 팔을 들어 올려 어깨관절을 90도 굴곡 시켰을 때 상지 질량에 미치는 중력 가속도에 의한 토크의 40%정도 되는 부하이다(Suprak 등, 2007).

3. 실험 방법

대상자의 몸에 부착한 마커는 빗장뼈 (CLAV), 가슴뼈 (STRN), 7번째 목뼈 (C7), 10번째 등뼈 (T10), 등 (RBAK or LBAK), 어깨 (RSHO or LSHO), 윗팔 (RUPA or LUPA), 팔꿈치 (RELB or LELB), 아래팔 (RFRA or LFRA), 손목 (RWRA or LWRA), 손가락 (RFIN or LFIN)으로 이름 지어졌으며, 자세한 부착 위치는 figure 1에 나타내었다.

대상자는 마커 부착 후 똑바로 선 자세에서 편안한 **Table 1.** Subject characteristics (N=9)

| Variable | |
|------------------|-------------------|
| Age | 22±1 ^a |
| Height (cm) | 160±4.02 |
| Body weight (kg) | 53.2±6.38 |

^amean±standard deviation.

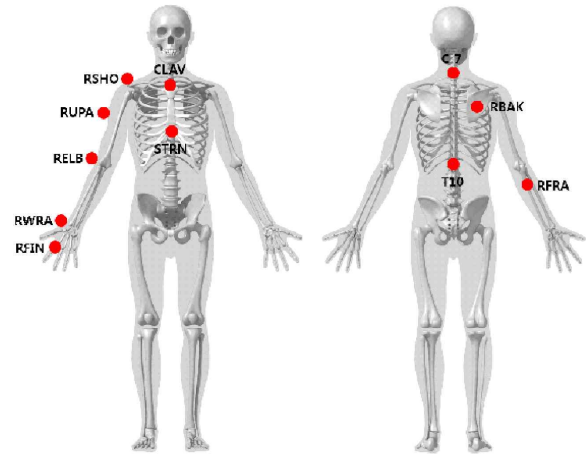


Figure 1. Marker placement.

속도로 어깨관절 굽힘 90도, 바깥돌림 45도 동작인 어깨 뼈 면 벌림(scapular plane abduction or scaption)자세를 취하고 3초 정도 유지하도록 요구되었다. 이때 측정된 손가락 마커의 3차원 위치 좌표가 기준위치로 정의되었다. 이후 대상자의 시각만을 차단 한 후에 위에서 실시한 어깨관절의 위치를 기억을 바탕으로 재현하도록 하였고, 시각 차단과 손목에 2 kg 모래주머니를 착용한 상태에서 동일한 동작을 취하도록 요구하였다. 각 조건의 동작들은 3회 이상 반복 측정을 실시하였고, 기준위치를 정하기 위한 동작은 측정 전 연습을 2~3회 실시하였다.

4. 분석 방법

마커의 3차원 위치 좌표는 대상자가 바라보는 전방이 X축, 좌우(또는 내외) 방향이 Y축, 상하(또는 수직) 방향이 Z축으로 실험실의 전역좌표계를 기준으로 정의되었다. 능동적 재위치 검사 (ART) 결과로 손가락 마커의 (1) 기준 위치, (2) 시각 차단 후 위치, (3) 시각 차단과 부하 적용 후 위치 결과 값들에서 평균 위치를 각각 계산하였고, 기준 위치 (1)로부터 각각 두 조건 (2), (3) 에 대한 절대 오차(absolute error)와 변인오차(variable error)를 계산하였다(신뢰구간 95%). 부하 적용 시 고유수용성 감각에 유의한 차이가 있는지는 검증하기 위하여 부하유무에 따른 절대 및 변인오차들의 평균을 비교하였는데 3~5회 평균값을 비교하므로 비모수 검정인 Wilcoxon signed rank test (유의수준 .05)를 실시하였다. 본 연구에서 측정된 자료에 대한 통계분석은 SPSS ver. 20(IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하여 처리하였다.

III. 결과

외부 부하를 가했을 때 9명의 대상자들 모두 중력방향(z)의 손가락 마커 위치에 대한 변인오차가 유의하게 감소하였다. 이중 3명의 대상자는(대상자 1, 7, 8) 세 방향(x, y, z) 모두에서 변인오차의 유의한 감소를 보였다(Table 2). 2명의 대상자는(대상자 1, 5) 부하를 가했을 때 변인오차 뿐만 아니라 세 방향의 절대오차도 감소하였으나 통계적으로 유의하지는 않았고, 부하를 적용했을 때와 적용하지 않았을 때 모두 그 오차 값이 매우 컸다(Table 2, Table 3).

부하를 가했을 때 6명의 피험자(대상자 2, 3, 4, 6, 8, 9)에서는 절대오차가 증가하는 양상을 보였으나 2명의 경우(대상자 2 z축, 피험자 6 y축)만 통계적으로 유의하였다(Table 3). 또한, 부하를 가했을 때 5명의 대상자(대상자 2, 3, 4, 5, 9)들은 z축을 제외한 x축과 y축의 변인오차가 증가하였는데 모두 통계적으로는 유의하지 않았다(Table 2).

IV. 고찰

무게 부하가 고유수용성 감각에 미치는 영향을 조사한 기존 연구들은 임상에서 널리 사용하는 검사방법(레이저 포인터나 눈금자를 이용한 방법)이 아닌 가상현실 게임이나 외골격을 착용한 방식으로 검사되었다. 서론에서 밝혔듯이 고유수용성감각을 검사하는 방법과 장치들

은 여러 가지가 있는데, 본 연구에서는 임상에서 사용하는 방식과 유사하면서도 좀 더 정확한 정량적 결과를 획득하기 위하여 손가락 위치 좌표를 3차원 모션캡처 장치를 사용하여 측정하였다. 이 방법은 임상에서 쉽게 적용 가능한 검사법은 아니지만 능동적 재현 검사에 대한 기존의 검사 방법에 비하여 상대적으로 쉬우면서도 정확성과 객관성을 확보할 수 있는 방법이라고 판단된다.

본 연구의 결과는 중력방향의 위치감각에 대해서 반복적 재위 능력 향상에 효과가 있는 것으로 요약할 수 있다. 부하를 가했을 때 절대오차가 감소하는 경우는 드물었지만, 비록 기준 위치에서 벗어난 위치로 어깨관절을 위치시켰다 하더라도 부하의 방향(중력방향)에 대해서는 비교적 비슷한 위치까지 반복적으로 어깨관절을 움직이는 능력은 향상되었다고 볼 수 있을 것이다. 위 결과를 바탕으로 부하를 각 방향(x, y, z)으로 적용 시킨다면 모든 방향의 관절 재위 능력 향상에 도움이 될 것이라 예상할 수 있다.

본 연구에서는 팔꿈치 관절 움직임을 제한하였기 때문에 손가락 마커 위치를 어깨관절 재위 검사의 주요 변인으로 사용하였다. 3차원 동작분석 장치가 고가이며 측정이 번거로운 단점이 있으므로 임상에서 사용하기에 최대한 간편한 방법으로 손가락 마커 하나만의 3차원 위치를 분석대상으로 하였다. 관절각도는 마커의 위치좌표를 이용하여 계산되는 것이므로 어깨관절을 대상으로 한 절대, 변인오차 분석결과도 본 결과와 유사할 것이라고 예상된다. 그러나 어깨관절의 관절각도 결과를 포함하지 않은 제한점이 여전히 남아있다. 따라서 추후 본

Table 2. Comparison of the variable errors for the fingertip position between the two conditions—unloaded and 2kg-loaded.

| Errors | Variable error | | | | | | | | |
|----------------------------|----------------|-------|--------|----------------|-------|--------|----------------|-------|--------|
| | X ^a | | | Y ^b | | | Z ^c | | |
| Axis | | | | | | | | | |
| Load (kg) and significance | 0 | 2 | p | 0 | 2 | p | 0 | 2 | p |
| 1 | 88.54 | 39.93 | .01* | 90.45 | 49.92 | <.001* | 21.83 | 13.79 | <.001* |
| 2 | 72.97 | 73.12 | .93 | 79.38 | 84.91 | .35 | 19.09 | 9.68 | <.001* |
| 3 | 22.11 | 24.5 | .32 | 18.72 | 33 | .11 | 25.76 | 17.7 | <.001* |
| 4 | 17.37 | 27.35 | .24 | 18.9 | 24.57 | .15 | 19.15 | 12.58 | .01* |
| 5 | 34.23 | 36.15 | .79 | 62.6 | 68.6 | .15 | 32.97 | 18.85 | <.001* |
| 6 | 19.68 | 18.11 | .55 | 5.74 | 15.78 | .11 | 24.47 | 11.55 | <.001* |
| 7 | 40.32 | 10.67 | <.001* | 69.43 | 13.06 | <.001* | 24.85 | 10.33 | <.001* |
| 8 | 25 | 22.7 | .02* | 27.19 | 20.78 | .01* | 17.48 | 4.11 | <.001* |
| 9 | 29.81 | 31.05 | .11 | 9.41 | 10.27 | .77 | 18.81 | 8.36 | <.001* |
| Total | 38.89 | 31.51 | .90 | 42.42 | 35.65 | .44 | 22.71 | 11.88 | .01* |

^aanterior-posterior direction, ^bmedio-lateral direction, ^cvertical direction, *indicate significant differences of errors between the 'no load' and '2kg-loaded' conditions (p<.05).

연구에서는 어깨관절 각도를 대상으로 본 연구에서와 동일한 분석을 실시하여 그 결과도 포함시킬 계획이다.

본 연구는 예비연구로 참여한 대상자들의 표본수가 작고, 모집된 대상자들의 성별이 모두 여성들이었기 때문에 결과를 일반화하기 어려운 한계가 있다. 9명의 대상자들 중에서 부하적용 시 절대오차 감소를 보인 대상자도 있었고, 증력방향이 아닌 전후 방향이나 좌우 방향의 변인오차 감소를 보인 대상자도 있었다. 뿐만 아니라 부하적용 시 오히려 오차가 증가하는 대상자들도 있었다. 이러한 결과들에서는 비록 통계적 유의성이 발견되지 못하였다 하더라도 부하 적용에 대한 효과가 개인마다 차이가 있을 것임을, 특히 치료현장에서는, 면밀히 고려해야 할 것으로 판단된다.

연구 대상자들은 선행연구들처럼 정상인을 대상으로 하였는데 고유수용성감각에 이상이 없는 정상인들도 짧은 기간의 훈련으로 향상된 고유수용성감각 기능을 보였다는 선행연구(Clark 등, 2015)를 참조하여 본 연구의 결과를 해석해야 할 것으로 사료된다. 정상인들에게는 40%의 부하가 고유수용성감각 증진에 효과를 발휘하지 못한다 하더라도 환자의 경우에는 효과가 있을 수 있기 때문에 추후 어깨관절 손상 환자를 대상으로 한 연구도 진행되어야 할 것이다. 또한 본 연구에서는 단순히 부하 적용 유무에 대한 효과만을 관찰하는 것을 목적으로 하였는데, 관절 움직임 훈련을 반복적으로 실시하는 것도 고유수용성감각 증진에 효과가 있다는 연구들도 있기 때문에(Salles 등, 2015), 부하 적용을 한 상태에서 관절 움직임 훈련을 병행하는 것에 대한 효과도 조사할

필요가 있다.

임상적으로 고유수용성 감각은 신경학적 문제를 가진 환자의 평가와 치료에 있어 중요한 요소 중 하나이다. 고유수용성 감각은 외부로부터 작용된 힘에 대한 즉각적인 반응으로 인해 근육의 수축성을 변화시킬 수 있는 능력으로, 손상된 관절의 기능적 불안정이나 재손상을 감소시키기 위하여 고유수용성 감각 향상을 위한 임상적 중재 방안을 마련하는 것은 중요하다(Dean 등, 1999). 몇몇 고찰들에서는 단순 관절재위 동작의 반복, 근력강화운동, 협응 운동과 같은 기능적 또는 과제지향 훈련, 균형훈련, 진동훈련 등이 고유수용성감각 증진에 효과가 있다고 보고되고 있다. 또한 운동 또는 훈련 방법에 따라 고유수용성감각과 관련된 신경계에 미치는 영향이 다르다. 따라서 증진 시키고자 하는 고유수용성 감각의 종류에 따라 운동방법이 달라져야 한다(Clark 등, 2015). 본 연구의 대상이었던 외부 부하는 관절위치 감각 보다는 힘 감각에 더 민감한 영향을 미칠 것이기 때문에 힘 감각의 증진 효과에 대한 정량적 평가 방법 또한 고려되어야 한다. 한 선행연구에서는 관절위치감각과 힘 감각의 연관성이 관절 각도마다 다르게 나타났다고 보고 하였는데(Phillips 등, 2018) 또 다른 연구에서는 힘 감각과 관절 위치 감각은 서로 상관성이 없다고도 보고하였다(Kuling 등, 2013; Marini 등, 2017; Niespodziński 등, 2018). 따라서 증진 시키고자 하는 고유수용성감각의 종류에 따라 적절한 자세 및 훈련방법을 선택한 후 그에 따른 적절한 정량적 평가 방법을 선택한다면, 외부 부하를 적용한 운동이 고유수용성감

Table 3. Comparison of the absolute errors for the fingertip position between the two conditions—unloaded and 2kg-loaded.

| Errors | Absolute error | | | | | | | | |
|----------------------------|----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
| | X ^a | | | Y ^b | | | Z ^c | | |
| Axis | | | | | | | | | |
| Load (kg) and significance | 0 | 2 | p | 0 | 2 | p | 0 | 2 | p |
| 1 | 143.12 | 137.4 | .67 | 178.29 | 169.3 | .21 | 73.32 | 64.55 | .22 |
| 2 | 93.97 | 107.97 | .77 | 124.82 | 148.37 | .41 | 16.62 | 117.33 | <.001* |
| 3 | 81.44 | 81.75 | .91 | 92.07 | 100.27 | .31 | 41.25 | 49.96 | .33 |
| 4 | 34.22 | 51.36 | .45 | 44.72 | 89.87 | .06 | 53.06 | 52.93 | .95 |
| 5 | 144.58 | 144.17 | .91 | 193.43 | 189.15 | .17 | 47.88 | 25.09 | .42 |
| 6 | 14.5 | 26.84 | .12 | 19.95 | 48.81 | <.001* | 12.89 | 22.49 | .25 |
| 7 | 51.37 | 7.43 | <.001* | 79.92 | 8.65 | <.001* | 20.9 | 22.06 | .83 |
| 8 | 45.99 | 52.47 | .22 | 24.42 | 35.25 | .21 | 25.67 | 30.07 | .18 |
| 9 | 13.42 | 25.93 | .19 | 40.95 | 6.96 | <.001* | 34.91 | 39.23 | .16 |
| Total | 69.18 | 70.59 | .77 | 88.73 | 88.51 | .92 | 36.28 | 47.08 | .45 |

^aanterior-posterior direction, ^bmedio-lateral direction, ^cvertical direction, *indicate significant differences of errors between the 'no load' and '2kg-loaded' conditions (p<.05).

각에 미치는 영향을 좀 더 정확하고 객관적으로 조사할 수 있을 것이다.

V. 결론

본 연구는 외부 부하 유무의 조건이 고유수용성감각 중 위치감각에 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 분석하였다. 어깨관절 능동적 재위 검사 결과, 수직위치에 대해서는 향상된 관절 재위치 능력이 관찰되었다. 따라서 본 연구의 결과를 외부 부하가 고유수용성감각 증진에 도움이 된다는 정량적, 임상적 근거로 삼을 수 있다고 판단된다. 이 결과를 바탕으로 추후, 부하를 적용한 운동법을 고안하고, 환자군을 포함하는 더 큰 표본을 대상으로 한 조사가 진행된다면 고유수용성감각 증진 훈련에 대한 임상적 근거 마련에 더 큰 기여를 할 것으로 사료된다.

References

- Ager AL, Roy JS, Roos M, et al. Shoulder proprioception: How is it measured and is it reliable? A systematic review. *J Hand Ther.* 2017;30(2): 221-231. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2017.05.003>
- Aarseth LM, Suprak DN, Chalmers GR, et al. Kinesio tape and shoulder-joint position sense. *J Athl Train.* 2015;50(8):785-791. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.7.03>
- Carpenter JE, Blasler RB, Pellizzon GG. The effects of muscle fatigue on shoulder joint position sense. *Am J Sports Med.* 1998;26(2):262-265.
- Clark NC, Röijezon U, Treleaven J. Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 2: Clinical assessment and intervention. *Man Ther.* 2015;20(3): 378-387. <https://doi.org/10.1016/j.math.2015.01.009>
- Dean C, Shepherd R, Adams R. Sitting balance I: Trunk-arm and the contribution of the lower limbs during self-paced reaching in sitting. *Gait & Posture.* 1999;10(2):135-146.
- Fortier S, Basset FA, Billaut F, et al. Which type of repetitive muscle contractions induces a greater acute impairment of position sense? *J Electromyogr Kinesiol.* 2010;20(2):298-304. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.04.002>
- Furmanek MP, Słomka K, Juras G. The effects of cryotherapy on proprioception system. *Biomed Res Int.* 2014;2014(696397):1-14. <https://doi.org/10.1155/2014/696397>
- Fyhr C, Gustavsson L, Wassinger C, et al. The effects of shoulder injury on kinaesthesia: A systematic review and meta-analysis. *Man Ther.* 2015;20(1):28-37. <https://doi.org/10.1016/j.math.2014.08.006>
- Glendon K, Hood V. Upper limb joint position sense during shoulder flexion in healthy individuals: A pilot study to develop a new assessment method. *Shoulder Elbow.* 2016;8(1):54-60. <https://doi.org/10.1177/1758573215603916>
- Han J, Waddington G, Adams R, et al. Assessing proprioception: A critical review of methods. *J Sport Health Sci.* 2016;5:80-90. <https://doi.org/10.1177/1545968315573055>
- Kuling IA, Brenner E, Smeets JB. Proprioception is robust under external forces, *PLoS One.* 2013;8(9): e74236. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0074236>
- Marini F, Contu S, Antuvan CW, et al. The influence of external forces on wrist proprioception. *Front Hum Neurosci.* 2017;11:440. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00440>
- Mohapatra S, Krishnan V, Aruin AS. Postural control in response to an external perturbation: Effect of altered proprioceptive information. *Exp Brain Res.* 2012;217(2):197-208. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2986-3>
- Niespodziński B, Kochanowicz A, Mieszkowski J, et al. Relationship between joint position sense, force sense, and muscle strength and the impact of gymnastic training on proprioception. *Biomed Res Int.* 2018;2018(5353242). <https://doi.org/10.1155/2018/5353242>
- Phillips D, Karduna A. No relationship between joint position sense and force sense at the shoulder. *J Mot Behav.* 2018;50(2):228-234. <https://doi.org/>

10.1080/00222895.2017.1327415

- Riemann BL, Myers JB, Lephart SM. Sensorimotor system measurement techniques. *J Athl Train* 2002;37(1):85-98.
- Salles JI, Velasques B, Cossich V, et al. Strength training and shoulder proprioception. *J Athl Train* 2015;50(3):277-280. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.84>
- S Edwards E, Lin YL, H King J, et al. Joint position sense—There’s an app for that. *J Biomech*. 2016; 49(14):3529-3533. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2016.07.033>
- Suprak DN, Osternig LR, van Donkelaar P, et al. Shoulder joint position sense improves with external load. *J Mot Behav*. 2007;39(6):517-525.
- Vafadar AK, Côté JN, Archambault PS. Interrater

- and intrarater reliability and validity of 3 measurement methods for shoulder-position sense. *J Sport Rehabil*. 2016; Technical Report 19: 2014-0309. <https://doi.org/10-1123/jsr.2014-0309>
- Wu G, van der Helm FC, Veeger HE, et al. 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. *J Biomech*. 2005;38(5):981-992.

This article was received April 13, 2018, was re-viewed April 13, 2018, and was accepted May 14, 2018.