

회전근개 파열 환자의 고유 수용성 감각 기능: 수술전 기능의 예비 보고

이현일 · 허재원 · 유재철

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 정형외과

목적: 고유 수용성 감각 기능은 건관절의 안정성에 중요한 역할을 하는 것으로 알려졌으나 회전근개 파열 환자에 대하여는 크게 알려진 바가 없다. 본 연구의 목적은 회전근개 파열 환자의 고유 수용성 감각 기능에 대하여 조사하고자 하였고 특히 파열 크기, 건갑하근의 파열 유무 등에 따라 조사하고자 하였다.

대상 및 방법: 2011년 7월부터 2012년 2월까지 회전근개의 파열로 본원에서 수술적 치료가 시행된 76예(남자 28명, 여자 48명)를 대상으로 하였고 평균 나이는 61.7세(범위, 38세~76세)였다. 수술전 고유 수용성 감각 기능 평가를 위하여 외회전 및 내회전에 대한 위치 감각(joint position sense)을 측정하였고 방식은 능동적 재위치법(active re-positioning)을 사용하였다. 정해진 회전 각도와외의 편차의 절대값을 측정하였다. 회전근개의 파열 크기, 건갑하근의 파열 유무, 통증(pain visual analogue scale), 건관절 기능 점수(American society of elbow and shoulder score), 건관절 운동 범위를 조사하였으며 이들 변수에 따른 차이를 비교하였다.

결과: 외회전의 경우 정상 관절은 $4.9^\circ \pm 2.9^\circ$, 이환된 관절은 $4.9^\circ \pm 3.0^\circ$ 의 절대 편차를 보였고 이는 통계적으로 유의하지 않은 차이를 보였다($p=0.87$). 내회전의 경우 정상관절은 $4.0^\circ \pm 2.7^\circ$ 인데 비하여 이환된 관절은 $4.8^\circ \pm 3.7^\circ$ 로 편차가 증가하였으며 이는 통계적으로 유의하였다($p=0.043$). 회전근개의 파열 크기에 따라 파열이 더 큰 경우(중파열 이상)가 파열이 더 작은 경우(부분파열 및 소파열)에 비하여 내회전의 고유감각기능 감소가 더 뚜렷한 경향을 보였으며(5.0 vs. 4.0 , $p=0.061$), 건갑하근의 파열이 있는 환자군에서 내회전의 고유감각 기능 감소가 더 뚜렷한 경향을 보였으며(4.8 vs. 4.0 , $p=0.065$). 통증이 클수록, 건관절 기능 검사 점수가 낮을수록 내회전에 대한 고유감각기능이 감소하였으며(각각 $p=0.04$ 및 $p=0.005$) 건관절 운동 범위의 제한이 있는 환자군에서 내회전 고유감각기능이 더욱 감소되는 것이 관찰되었다(5.3 vs. 3.7 , $p=0.041$).

결론: 회전근개 파열 환자에서 내회전에 대한 고유감각기능 감소가 관찰되었으며 특히 이는 회전근개의 파열 정도가 심하고 건갑하근의 파열이 동반된 경우 뚜렷한 경향을 보였다. 또한 통증이 심하거나 건관절 기능 점수가 낮으며 운동 범위의 제한이 있는 경우 내회전에 대한 고유감각기능이 감소하는 것으로 관찰되었다.

색인 단어: 건관절, 회전근개 파열, 고유수용감각

서 론

고유수용감각 기능(proprioceptive function, proprioception)이란 촉감의 특수화된 변형으로 크게 관절의 움직임을 알아차리는 능력(kinesthesia)과 관절의 위치를 파악하는 기능(static joint position sense)으로 구성된다¹⁾. 이런 고유감각 기능은 주로 피부, 관절막, 근육에 존재하는 감각수용기(mechanoreceptor)에 의하여 전달되며 특히 관절의 안정성에 중요한 역할을 하고 근육의 피로는 이런 고유수용감각 능력을 변화시키는 것으로 알려져 있다²⁾. 최근에는 이런 기능이 스

포츠 의학 및 퇴행성 변화에도 강조되는 바 재활 치료에 있어서도 근력, 유연성, 지구력 뿐만 아니라 고유수용감각을 포함한 신경 근육 조절 기전의 훈련이 중요한 개념으로 대두되고 있다³⁾.

많은 연구자들이 관절의 고유수용감각을 연구하여 왔으나 이는 특히 슬관절에서 많은 연구가 진행되었다. 특히 전방십자인대는 고유수용감각을 가지고 있으며 이의 손상은 고유수용감각의 저하를 가져오고 수술적 재건술을 통하여 떨어진 고유수용감각을 회복시킬 수 있는 것으로 보고되어 왔다^{4,5)}. 최근에는 건관절에서도 고유감각기능의 연구가 관심의 대상이 되기 시작하였는데 특히 관절외 상완 관절의 관절 안정성에 대한 연구가 많은 성과를 보이고 있다^{6,7)}. 건관절에서는 관절막의 고유감각기능을 통해 획득된 위치 정보가 중앙신경계에 도달한 후 다시 근육의 활동성을 조절하는 되먹임 기전을 통하여 관절 탈구와 관련된 관절 안정성에 큰 역할을 하고 있다^{8,9)}.

통신저자: 유 재 철
서울특별시 강남구 일원동 50번지
성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 정형외과
TEL: 02) 3410-3509 · FAX: 02) 3410-0061
E-mail: shoulderyoo@gmail.com

그러나 회전근개 파열에서 고유수용감각기능의 역할을 연구한 경우는 미미한 실정으로 회전근개 파열에서도 힘줄 및 근육 손상에 의하여 신경 근육 조절 기전의 저하가 존재할 가능성이 높으며 재활이나 수술적 치료로 이런 기능 장애가 호전될 가능성이 있어 이에 대한 연구가 필요한 상황이다. 본 연구에서는 회전근개의 파열로 수술이 예정된 환자에 있어서 고유수용감각의 기능을 평가하여 보고자 하였고 이런 고유수용감각 기능이 회전근개의 파열 정도, 통증 및 견관절기능 정도에 따른 차이가 있는지 분석해보고자 하였다. 본 예비연구를 통하여 향후 회전근개 파열 환자의 고유수용감각기능 평가에 필요한 기초적 근거 자료를 만들어 보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

연구 대상 포함의 기준은 1) 18세 이상의 성인이며 2) 회전근개의 파열(견갑하근 포함)로 수술적 치료를 받는 환자를 대상으로 하였다. 제외 기준은 1) 수술 받는 측에 동결견(frozen shoulder)이 있는 경우(23례) 2) 수술 받는 측에 과거에 수술적 치료를 받았던 적이 있는 경우(9례) 3) 류마티스 관절염 환자(2례) 4) 골절이나 탈구의 과거력이 있는 경우(6례) 5) 감염의 과거력(0례)이었다. 수술 받지 않는 쪽 어깨를 정상 대조군으로 삼아 비교를 하기 위하여 다음과 같이 반대측 견관절에 문제가 있는 경우에도 연구에서 제외시켰다. 1) 수술 받지 않는 쪽 어깨에 통증이 동반된 경우(15례) 2) 수술받지 않는 쪽 어깨를 과거에 수술한 경우(12례) 3) 수술 받지 않는 쪽 어깨에 골절, 탈구의 과거력이 있는 경우(1례) 4) 수술 받지 않는 쪽 어깨에 운동범위 제한이 있는 경우(1례). 운동선수의 경우 연구에서 제외시키지는 않았다. 2011년 7월부터 2012년 2월까지 총 145명이 상기 포함 기준에 부합하였고 제외 기준에 해당하는 환자가 69명이었으며 따라서 최종적으로 남은 76명을 대상으로 본 연구를 진행하였다.

2. 고유수용감각기능 평가

고유 수용성 감각에 대한 검사는 수술 전날 입원하여 시행하였다. 관절 위치 감각(joint position sense)을 측정하는 방식을 사용하였고 측정된 값은 처음 설정된 회전 각도에서 환자가 능동적으로 재현한 각도와 차이가 얼마나 편위되는지 측정하는 방식을 이용하였다. 동축성 측정기구(Isokinetic dynamometer; Biodex System 3, Biodex Medical System, New York, USA)를 사용하였으며 환자는 편안한 자세로 기계에 착석하여 견관절의 외전은 30°, 전방굴곡은 15°, 주관절 굴곡 90°, 전완부의 회전은 중립 회전을 기본 중립 자세로 시작점을 삼았다(Fig. 1). 본격적인 검사 시행 전에 환자가 검사에 대한 충분한 이해가 이루어지도록 시험 기계와 같은 기계를 사용한 견관절 운동을 시

행 하였다. 검사는 눈을 가린 상태에서 시행하였으나 귀마개를 사용하지는 않았다. 임의의 각도(외회전 30도, 내회전 15도)를 설정하였고 기계에 의하여 수동적으로 이미 설정해둔 각도로 서서히(각속도 5°/sec) 회전하였고 설정된 각도에 도달하면 3초간 정지하여 환자가 각도를 인식하게 하였다. 이후 다시 상기 각속도로 중립 자세로 돌아갔다. 이후 환자에게 능동적으로 3초간 멈춰서 있던 위치를 재현해보도록 하였고 환자가 재현한 후 그 각도를 기계를 통하여 측정하였다. 이를 3번에 걸쳐 반복 시험을 시행하였고 반복 시험 사이의 간격은 10초로 설정하였다. 이후 측정된 각도와 임의 설정각과의 차이를 절대값으로 계산하여 향후 분석에 사용하였다. 따라서 차이를 측정할 절대값이 클수록 고유수용감각기능이 떨어진다고 해석할 수 있다. 모든 환자에서 내회전을 먼저 측정한 후 외회전을 측정하였다.

3. 분석

정상인에서 우세수와 비우세수 고유수용감각 정도는 큰 차이가 없었다는 논문이 이미 다수 발표되어 있어 우세수와 비우세수에 대한 보정은 실시하지 않았다^{7,10}. 3번의 측정을 통해 설정각과의 차이에 대한 절대값을 구하였고 이의 평균값을 분석에 사용하였다. 수술기록을 통하여 회전근개의 파열 크기를 확인하였고 이를 부분층파열, 소파열(1 cm 이하), 중파열(1 cm~3 cm), 대파열(3 cm~5 cm), 거대파열(5 cm 이상, massive tear)로 분류하였고 특히 이를 group I(부분층파열+소파열)과 group II(중파열+대파열+거대파열)로 분리하여 비교



Fig. 1. Testing apparatus and neutral position used for proprioception measurement

하였다. 견갑하근의 파열도 수술기록을 통하여 파열이 없는 경우와 관절경상 확인한 파열이 있는 경우로 나누어 비교하였다. 수술전 통증은 pain visual analogue scale (pain VAS)를 측정하였고 견관절 기능 검사는 American Shoulder and Elbow Surgeon (ASES) score를 이용하여 평가하였다. 견관절 운동 범위는 전방굴곡, 외회전, 내회전을 측정하였고 전방굴곡이 120° 이하, 외회전이 30° 이하, 내회전이 제3요추에 미치지 못하는 경우 운동범위 제한이 있는 것으로 판단하였다¹¹⁾.

통계는 SPSS 19.0(SPSS Inc, Chicago, IL, USA)를 사용하였고 p-value가 0.05 이하이면 통계적으로 유의한 것으로 판단하였고 0.1 이하이면 경향성을 보이는 것으로 판단하였다. 데이터가 정규 분포를 이루지 않아 비모수 분석을 시행하였으며 각 개인에서 정상 견관절과 파열이 있는 견관절의 비교에는 Wilcoxon signed rank test를 사용하였다. 회전근개 파열의 크기, 견갑하근의 파열 유무, 통증의 정도, ASES 점수의 정도, 견관절 운동 범위에 따라 그룹을 나누었고 각 그룹 간의 비교는 Mann-Whitney test를 사용하였다. 회전근개 및 견갑하근은 위의 기준에 따라 그룹을 나누었고 통증은 그 중간값인 5.0을 기준으로 두 군으로 나누었으며 ASES 점수는 그 중간값인 55점을 경계로 두 군으로 나누었다. 견관절 운동 범위는 위의 기준에 따라 운동범위에 제한이 있는 군(stiffness, 강직군)과 없는 군으로 나누어 고유감각기능을 비교하였다.

결 과

1. 환자 정보

남자가 28명 여자가 48명이었으며 평균 나이는 61.7세(38세~76세)였다. 15명(19.7%)에서 외상의 과거력이 있었으나 명확한 골절이나 탈구의 과거력은 없었다. 우측이 이환된 경우가 56례(73.7%), 좌측이 이환된 경우가 20례(26.3%)였으며 우세수가 이환된 경우가 74%였다. 평균 증상 이완기간은 34개월로 1.5개월부터 350.5개월로 다양하였다. 회전근개 파열 중 극상건 및 극하건의 파열을 보인 경우 74례였으며 2례는 견갑하근만의 파열(isolated subscapularis tear)이 관찰되었다. 부분층 파열이 22례, 소파열 4례, 중파열 32례, 대파열 11례, 거대파열이 5례였다. 견갑하근 파열은 61례에서 관찰되었고 상완이두근 혹은 SLAP lesion은 62례(80.5%)에서 관찰되었다. 수술전 평균 pain VAS는 5.0 ± 2.2 (range, 1~10)이었고 ASES 점수는 평균 53.5 ± 18.2 (range, 10~86)이었다.

2. 고유감각기능 평가

총 76명을 분석한 결과 외회전 각도에 대한 편차의 절대값은 이환된 견관절의 경우 평균 $4.9^\circ \pm 3.0^\circ$ (range, 0.3~19°)이었으며 정상적인 반대측 견관절도 크게 다르지 않아 평균 $4.9^\circ \pm 2.9^\circ$ (range, 0.7~14°)였고 이는 통계적으로 유의하지 않았다

($p=0.87$ by Wilcoxon signed rank test, Fig. 2). 내회전의 경우 정상 견관절의 경우 평균 $4.0^\circ \pm 2.7^\circ$ (range, 0.3~12°)였으나 회전근개 파열이 있는 견관절의 경우 평균 $4.8^\circ \pm 3.7^\circ$ (range, 1.3~28.7°)로 증가되어 있었으며 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.043$ by Wilcoxon signed rank test). 즉 이환된 견관절의 내회전 고유수용감각이 저하된 소견을 보였다.

차이를 보이는 내회전의 고유감각기능에 대하여 다양한 수술전-변수에 따른 값의 차이가 있는지 세부분석을 시도하였다. 파열 크기에 따라 이분법적으로 나누어서 비교하고자 하였고 이때 견갑하근 파열만 있거나 부분층 파열 및 소파열을 보이는 군을 제1군, 중파열, 대파열, 거대파열을 합하여 제2군으로 나누어 비교하였고 제1군은 28명, 제2군은 48명이었다. 두 군의 이환된 견관절의 고유수용감각 기능의 차이를 비교 시 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다(4.4° vs. 5.0° [$p=0.897$] by Mann-Whitney test, Fig. 2). 다만 파열이 상대적으로 컸던 제2군에서는 고유수용감각 기능 차이가 정상 견관절에 비하여 이환된 견관절에서 더 저하된 경향이 있는 것으로 관찰되었다(4.0° vs. 5.0° [$p=0.061$] by Wilcoxon signed rank test, Fig. 3).

견갑하근의 파열이 있는 경우는 61례, 파열이 없는 경우가 15례였으며 두 군으로 나누어 이환된 견관절의 고유수용감각기능을 비교하였을 시 파열이 있는 군에서의 고유수용감각기능이 더 부정확한 경향을 보였으며(3.5° vs. 5.1° [$p=0.079$] by Mann-Whitney test, Fig. 4), 파열이 없는 군에서는 정상 견관절과 비교하여 이환된 견관절의 고유수용감각이 통계적으로 유의하게 저해되어 있지 않았으나 견갑하근 파열이 있는 군에서는 이환된 견관절에서 정상 견관절과 비교하여 정확성이 저해된 경향을 보였다(5.1° vs. 4.2° [$p=0.065$] by Wilcoxon signed rank test, Fig. 4).

통증의 중간값(median value)인 pain VAS 5를 기준으로 환

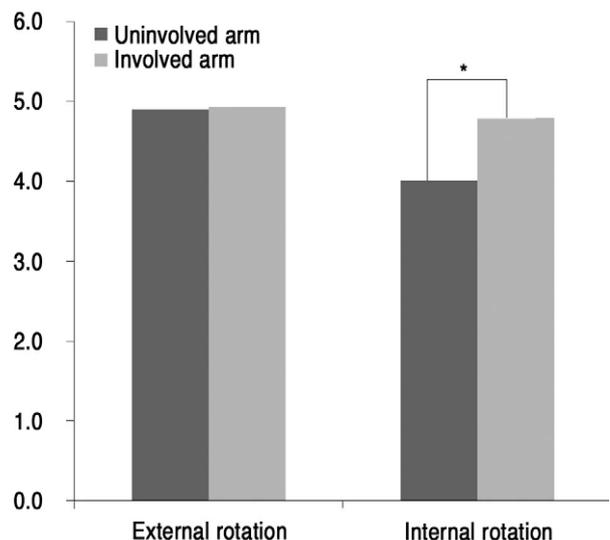


Fig. 2. Joint position sense in direction of external rotation and internal rotation. Asterisk denotes $p < 0.05$.

자를 두 군으로 나누었을 시 통증이 적은 군(pain VAS < 5)은 33명, 통증이 큰 군(pain VAS ≥ 5)은 43명이었다. 통증이 적은 군과 큰 군간에 이환된 견관절의 내회전 고유감각기능에는 유의한 차이는 없었으나(4.1° vs. 5.2° [p=0.542] by Mann-Whitney test, Fig. 5) 통증이 큰 군에서 통계적으로 유의하게 이환된 견관절과 정상 견관절의 내회전에 대한 고유감각기능 차이가 관찰되었다(5.2° vs. 4.0° [p=0.04] by Wilcoxon signed rank test, Fig. 5).

ASES 점수의 중간값인 55를 기준으로 환자를 견관절 기능이 비교적 좋은 군(ASES score ≥ 55) 좋지 않은 군(ASES score < 55)로 나누었고 비교적 좋은 군은 36명 좋지 않은 군은 40명이었다. ASES 점수가 높은 군과 낮은 군을 비교 시 이환된 관절의 내회전에 대한 고유감각기능은 견관절 기능 점수가 낮은 환자 군에서 더 저하된 것으로 관찰되었으며 이는 통계적으로 유의하였다(3.6° vs. 6.1° [p=0.002] by Mann-Whitney test, Fig. 6). 또한 ASES 점수가 높은 군보다는 낮은 군에서 이환된 견관절과 정상 견관절과의 고유감각기능 차이가 더 두드러지게 나타났으며 이는 통계적으로 유의한 범위였다(6.1° vs. 4.2° [p=0.04] by Wilcoxon signed rank test, Fig. 6).

견관절의 운동 범위의 제한에 따라 비강직군과 강직군으로 나누었으며 각각 51명, 25명이었다. 이환된 관절의 내회전에 대한 고유감각기능은 비강직군과 강직군에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나(4.5° vs. 5.3° [p=0.715] by Mann-Whitney test, Fig. 7) 비강직군보다는 강직군에서 이환된 견관절과 정상 견관절과의 고유감각기능 차이가 더 두드러지게 나타났으며 이는 통계적으로 유의하였다(3.7° vs. 5.3°

[p=0.041] by Wilcoxon signed rank test, Fig. 7).

고 찰

본 연구를 통하여 회전근개 파열 환자에서 고유수용감각 기능이 저하되어 있음을 관찰할 수 있었다. 통계적 분석 결과 회전근개의 파열 및 견갑하근의 파열 정도도 고유수용감각 기능에 영향을 미치는 것은 하나 그보다는 견관절 기능 점수, 통증 및 운동 범위가 통계적으로 유의하게 내회전의 고유수용감각 기능에 영향을 미쳤다. 특히 견관절 기능 점수가 불량한 군에서 우수한 군보다도 고유수용감각이 통계적으로 유의하게 저하되는 것을 관찰할 수 있어서 견관절 기능과 고유수용감각간에 일정한 연관 관계가 있음을 추정할 수 있었다.

회전근개의 병변에서의 고유감각기능에 대하여는 많은 연구가 진행되어 있지는 않다. 가장 먼저 보고된 내용은 1995년도에 회전근개 파열 환자에서 관절 위치 감각을 보고한 것으로 20명의 관절 주사 X-ray로 확인된 회전근개 파열 환자와 정상 지원자를 비교하였고 45° 및 90° 외전 자세를 재현하도록 시험을 진행하였다¹²⁾. 이때 45° 외전 자세에서 고유감각기능의 유의한 차이가 있었다고 하였다. 그러나 이 연구에서 회전근개 파열군이 평균나이가 63.4세, 대조군이 25.4세로 연령에 의한 차이를 보정할 수 없는 점이 제한점이며 이미 슬관절에서 나이에 따라 고유감각기능이 저해되는 것이 밝혀져 있어 더 정

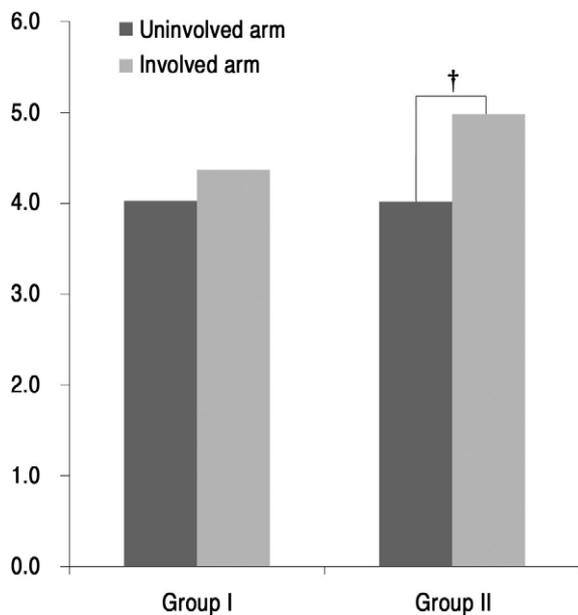


Fig. 3. Joint position sense in direction of internal rotation according to the size of rotator cuff tear. Group I includes smaller tear patients and group II includes larger tear patients. Dagger denotes p<0.1.

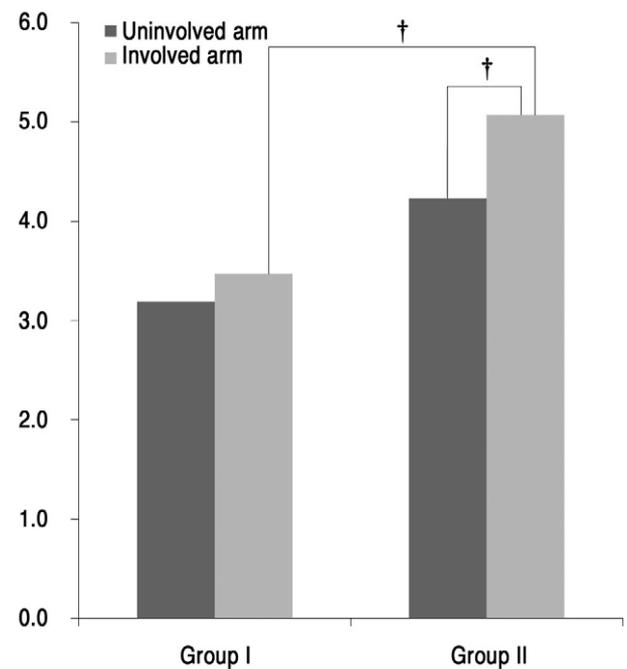


Fig. 4. Joint position sense in direction of internal rotation according to the presence of subscapularis tear. Group I includes patients without subscapularis tear and group II includes patients with subscapularis tear. Daggers denote p<0.1.

확한 연구를 위하여는 비슷한 연령대의 환자를 대조군으로 사용했어야 했다¹³⁾. 최근에 Anderson 등은 임상적으로 진단한 만성 회전근개 질환 환자군에서 40°와 100° 외전 자세를 능동적으로 재현하는 연구를 시행하였다¹⁴⁾. 26명의 환자와 나이 및 성별을 보정한 30명의 대조군을 실험한 결과 앞선 연구와는 다르게 100° 외전 자세에서 대조군에 비하여 환자군에서 재현 정확도의 감소가 관찰되었고 이때 통계적으로 유의한 차이를 보이는 통증이 동반되었다고 하였다. 두 개의 연구 모두 외전 범위에서 고유수용감각의 이상을 보고하고는 있으나 유의한 차이를 보이는 각도가 상반되어 향후 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

기계적 감각수용기 (mechanoreceptor)는 특수화된 감각 수용체로 물리적인 변형을 전기 신호로 바꾸어 피질계 및 반사계를 통하여 고유수용감각에 대한 정보를 제공하고 있다³⁾. 이는 관절의 관절막, 지대 (retinaculum), 인대, 피부, 근육, 건 등에 존재한다고 알려져 있다¹⁾. 건관절에서는 관절막에 있는 수용체가 건관절의 불안정성과 관련하여 가장 큰 관심을 받았다^{7,15,16)}. 토끼를 대상으로 한 연구에 따르면 조직학적으로 확인된 관절막의 감각수용체의 구심성 (afferent) 자극을 통하여 상완 이두 건이나 회전근개가 ligament-muscular reflex arc를 형성하고 있는 것이 관찰된 바 있어 수동적 및 능동적 안정체 등의 협업에 의하여 관절와 상완 관절의 안정성이 유지되고 있는 것으로 보고 되었다⁸⁾. 현재는 특히 관절막의 이완에 따른 긴장도 저하가 관절막의 고유수용감각의 기능 저하에 관여하는 것으로 추정하고 있다¹⁷⁾. 그러나 병리가 근육과 힘줄에 있는 회전근개 질환에서는 근육이나 건에 존재하는 감각수용기의 작용에 직, 간접적인 저해가 올 것으로 예상된다. 최근의 연구에 의하면 쥐에서 과사용 훈련 (overuse training)을 시킨 경우 극상건에 감각수용기의 수가 증가했다는 보고가 있다¹⁸⁾. 이는 과사용에

대한 일종의 적응이라고 생각되나 이런 과사용이 지속 된다면 이런 보상기전도 실패할 것이고 건증 (tendinosis) 혹은 부분파열로 진행할 수 있을 것으로 예견된다. 그러나 현재까지 감각수용체의 증가에도 불구하고 과사용이 지속되고 회전근개 건병변이 진행되는 경우 감각수용체의 병리 소견이 어떻게 변하는지 연구된 바 없으며 본 연구에서처럼 고유수용감각 기능의 감소로 이루어지는 기전에 대하여도 알려진 바가 없다. 그러나 투수를 대상으로 한 연구에 의하면 내회전에 대한 관절 위치감각은 오히려 비우세수가 정확했다는 연구결과를 보인 바 있어 동물실험에서 관찰된 과사용에 의한 감각수용체의 증가가 실제 임상에서 기능의 증가와 연관되는 않았다¹⁹⁾. 다만 투수가 회전근개 근육의 과사용에 대한 적절한 모델인지 여부는 검증된 바 없는 점과 이미 적절한 보상 기전 범위를 넘어선 단계였을 수 있다는 점, 관절막 등에서의 고유수용감각 기능의 변화 등을 고려하여 결과를 해석하여야 하겠다. 회전근개의 만성적인 질환이 있는 환자군 (supraspinatus syndrome+회전근개의 부분층 및 전층 파열)의 삼각근 (deltoid) 극상건 조직검사에서 근육의 크기, 미세다발 크기의 변동성 증가, 근육섬유 종류의 변화 등이 관찰된 바 있는데 이 또한 고유감각기능의 변화와도 밀접한 관계가 있을 것으로 추정되고 있다^{9,20)}.

고유수용감각의 저해가 회전근개의 파열에 선행되는지 아니면 회전근개의 파열에 의한 결과인지는 알기 어려운 문제이다. ASES 점수가 낮은 환자에서 특히 고유감각 기능이 감소되어 있었으나 이는 회전근개 파열로 건관절 점수가 낮은 환자가 고유수용감각이 낮다는 단순 연관관계만 유추할 수 있을 뿐 고유수용감각의 저하가 기능의 저하에도 관여하였을 가능성을 검증할 수는 없다. 통증과의 연관성도 그 연관성만을 확인하였을 뿐 인과 관계에 대해서는 어떤 증거도 제시할 수 없는 상황이

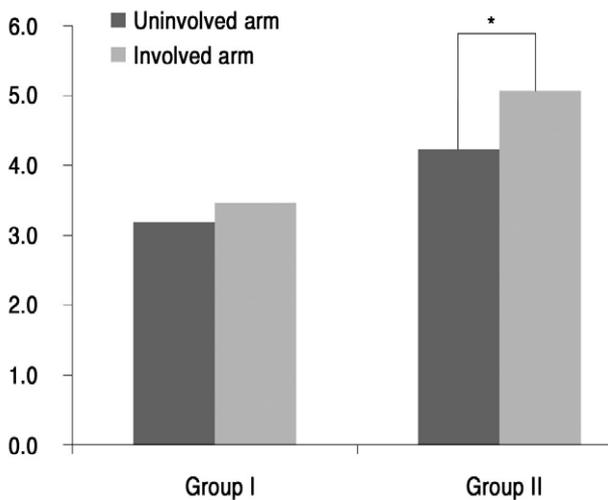


Fig. 5. Joint position sense in direction of internal rotation according to pain. Group I includes patients with less pain and group II includes patients with more severe pain. Asterisk denotes $p < 0.05$.

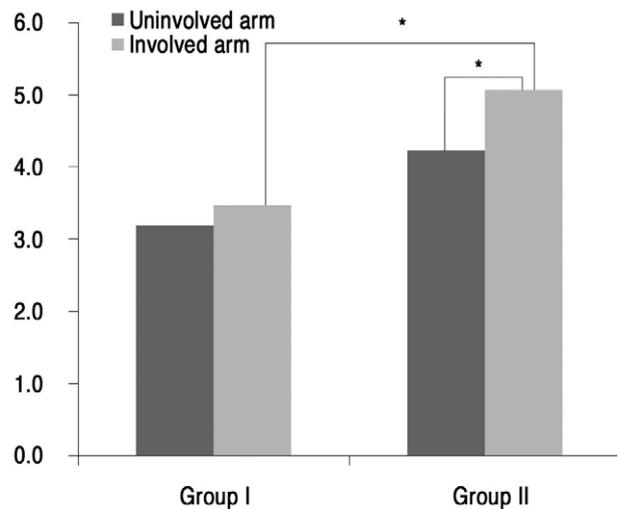


Fig. 6. Joint position sense in direction of internal rotation according to ASES score. Group I includes patients with relatively low functional score (ASES < 55) and group II includes patients with relatively high functional score (ASES \geq 55). Asterisk denotes $p < 0.05$.

다. 토끼를 통한 연구에서 통증을 유발하는 염증 물질은 체내에서 위치 감각수용체의 역치를 낮추고 spontaneous impulse를 증가시키는 것으로 알려져 있으며 이런 감각수용체의 이상이 지속적인 통증을 유발할 수 있다고 주장하고 있다³⁰. 인과관계는 명확치 않으나 회전근개 파열과 동반된 고유수용감각 기능의 저하는 악순환의 고리로 작용하여 추가 손상을 유발할 수 있을 것으로 생각된다³¹. 아직까지 회전근개 파열의 수술적 치료 후 고유감각기능의 변화를 보고한 논문은 없기 때문에 이점을 명확히 하기 위하여 현재 본 연구의 환자군을 대상으로 수술 후 고유감각기능에 대한 자료를 수집 중에 있다. 최근에 재활 분야에서 신경 근육 조절의 중요성이 강조되기 시작하였는데 Rogol 등²¹에 따르면 건관절에서도 open kinetic chain 근력운동(예를 들어 supine chest press) 및 closed kinetic chain 운동(예를 들어 팔굽혀펴기)를 통해서도 관절 위치 감각을 향상시킬 수 있다고 한다. 비수술적 치료(고유수용감각 훈련) 후에 고유수용감각 기능의 변화 및 건관절 기능 변화에 대하여도 향후 추가적인 연구가 필요하다.

본 연구에서 측정된 2가지 방향인 외회전과 내회전 중 외회전의 고유수용감각은 정상측과 유사하게 관찰되었다. 이에 대한 가설로는 외회전 시 전방 관절막이 긴장되면서 고유수용감각이 더 민감해져서 회전근개에서 저해된 기능을 보상한 것으로 추리해 볼 수 있다. 건관절 불안정성에서 관절막을 thermal shrinkage로 치료하면 관절막의 고유감각 수용체의 파괴로 인하여 고유수용감각 기능이 저하될 것이라는 우려가 있었으나 이와는 반대로 정상측과 동일한 고유수용감각 기능이 보고된 바 있다⁶. 이 논문에서도 thermal shrinkage 후 더 수축되어 긴장되는 관절막에 의하여 고유감각기능이 향상되었다는 주장

을 하고 있다. 다른 가설로는 다른 여타의 측정법과 마찬가지로 고유감각 기능도 반복 측정 동안 그 시험에 대한 정확성이 훈련이 되는 효과가 있을 수 있다는 점이다. 내회전을 먼저 측정하고 외회전을 측정하였기 때문에 본 환자군에서 외회전시에도 고유감각기능 장애가 있음에도 불구하고 학습 효과에 의하여 그 효과가 은폐되었을 가능성도 배제할 수 없다.

고유수용감각 기능은 관절의 위치를 느끼고 조절하는 여러 가지 조절 기전이 동시에 작용하는 것으로 여러 측정법이 소개되어 왔다²². 그 중 가장 널리 알려진 방법은 1) 관절 위치 감각(joint position sense)를 측정하는 방법과 2) 관절의 움직임을 감지하는 민감도를 측정하는 것이다. 첫번째 방법은 본 연구에서와 같이 특정 위치를 재현하는 능력의 정확도를 평가하는 것으로 수동적으로 설정한 위치를 환자가 재현하고 그 정확도를 측정하는 것이다. 환자가 재현하는 법에 따라서도 환자가 능동적으로 재현하는 법과 기체가 느린 속도로 움직이는 가운데 환자가 정확한 위치에서 멈추는 수동적 방법의 2가지 방법이 이용되어 왔다. 본 연구에서 사용된 능동적 재위치법(active re-positioning)은 정확성이 높은 방법으로 널리 쓰이고 있으며^{6,10,15} 관절막-인대 및 근건 역학 수용체의 동시적 자극으로 이루어지기 때문에 그 민감도가 매우 높은 것으로 알려져 있다²¹. 두번째 방법은 각 변화를 감지할 수 있는 역치를 측정하는 방법(kinesthesia)으로 여러 관절에서 널리 쓰이는 방법이다. 첫번째와 두번째 측정 방법을 이종으로 사용하는 것이 결과의 신뢰성에는 이상적이나 2개의 측정방법은 서로 연관성이 우수한 것으로 보고된 바 있어서 본 연구의 환자군에게 kinesthesia를 측정하여도 관절 위치 감각을 측정할 것과 비슷한 결과를 얻을 수 있었을 것으로 예상하고 있다¹³.

본 연구의 제한점으로 측정법에 따른 문제점을 첫번째로 들 수 있다. 고유감각기능을 평가하는 여러 가지 방법 중에 한 가지만을 선택적으로 사용하였다는 점으로 여러 가지 방법을 동시에 측정하였다면 더 신빙성이 높은 증거를 제시할 수 있었을 것으로 사료된다. 하지만 다수의 환자를 측정하였다는 점과 수술 후에도 반복 측정이 필요한 점등을 고려할 때 시간 및 비용이 제한된 상태에서 비슷한 검사를 이종적으로 하는 것도 문제점이 될 수 있다. 두번째로 측정 방향이 내회전과 외회전에 제한된 점이다. 회전근개의 또 다른 중요한 기능중의 하나인 외전이 평가되지 못한 것이 아쉬운 점이나 외전은 특히 환자의 통증을 유발하기 쉬운 자세여서 그 측정 결과가 정확치 않았을 가능성을 배제할 수 없다. 그러나 향후 연구에서는 외전도 포함하는 방안을 고려해야 할 것이다. 세번째로 환자군의 포함에 있어 선택편향(selection bias)이 있을 수 있다. 회전근개의 파열이 있더라도 통증이 적거나 불편감이 적어서 수술적 치료를 시행 받지 않은 환자의 경우 연구 디자인에 따라 연구에 포함될 수 없는 구조이기 때문에 증상이 심한 환자에게만 선택적으로 편향되는 오차가 발생할 수 있으며 따라서 본 결과를 회전근개 파열 전체 환자에게 확대 해석하기 어려운 점이 있다. 마지막 제한점으로는 정상 대조군과는 비교를 하지 못하였다는

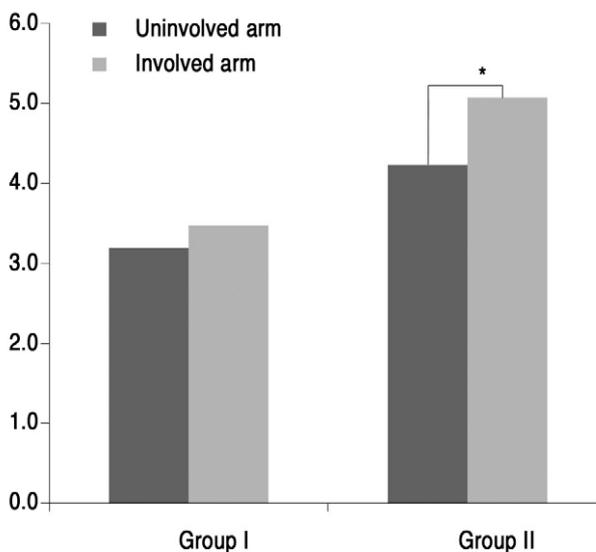


Fig. 7. Joint position sense in direction of internal rotation according to range of motion. Group I includes patients without shoulder stiffness and group II includes patients with shoulder stiffness. Asterisk denotes $p < 0.05$.

점이다. 회전근개 파열이 있는 환자의 경우 파열이 없는 환자들에 비하여 고유수용감각이 전반적으로 떨어져 있을 가능성도 있어 반대측이 정상이 아닐 수도 있으며 이런 가설을 배제하기 위하여는 정상 대조군과의 비교가 필요할 것이다.

본 연구의 강점을 들자면 많은 수의 환자를 대상으로 하였으며 전향적으로 consecutive하게 환자를 모집하여 고유수용감각을 검사한 점으로 엄격한 배제 기준을 통하여 회전근개 파열만을 가지는 동질적인 환자군을 최대한 모으려고 한 점이다. 반대측 팔의 증상 및 과거력도 조사하여 정상 건관절과의 비교에 오차가 발생하지 않도록 한 점도 강점으로 생각된다.

결 론

회전근개 파열 환자에서 내회전에 대한 고유감각기능 감소가 관찰되었으며 특히 이는 회전근개의 파열 정도가 심하고 견갑하근의 파열이 동반된 경우 뚜렷한 경향을 보였다. 또한 통증이 심하거나 견관절 기능 점수가 낮으며 운동 범위의 제한이 있는 경우 내회전에 대한 고유감각기능이 감소하는 것으로 관찰되었다.

참고문헌

1. **Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, Fu FH:** *The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries.* *Am J Sports Med*, 25:130-7, 1997.
2. **Skinner HB, Wyatt MP, Hodgdon JA, Conard DW, Barrack RL:** *Effect of fatigue on joint position sense of the knee.* *J Orthop Res*, 4:112-8, 1986.
3. **Ety Griffin LY:** *Neuromuscular training and injury prevention in sports.* *Clin Orthop Relat Res*:53-60, 2003.
4. **Nagai T, Heebner NR, Sell TC, Nakagawa T, Fu FH, Lephart SM:** *Restoration of sagittal and transverse plane proprioception following anatomic double-bundle ACL reconstruction.* *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2012.
5. **Barrack RL, Skinner HB, Buckley SL:** *Proprioception in the anterior cruciate deficient knee.* *Am J Sports Med*, 17:1-6, 1989.
6. **Lephart SM, Myers JB, Bradley JP, Fu FH:** *Shoulder proprioception and function following thermal capsulorrhaphy.* *Arthroscopy*, 18:770-8, 2002.
7. **Lephart SM, Warner JJ, Borsa PA, Fu FH:** *Proprioception of the shoulder joint in healthy, unstable, and surgically repaired shoulders.* *J Shoulder Elbow Surg*, 3:371-380, 1994.
8. **Solomonow M, Guancho C, Wink C, Knatt T, Baratta RV, Lu Y:** *Mechanoreceptors and reflex arc in the feline shoulder.* *J Shoulder Elbow Surg*, 5:139-46, 1996.
9. **Yamashita T, Minaki Y, Takebayashi T, Sakamoto N, Ishii S:** *Neural response of mechanoreceptors to acute inflammation in the rotator cuff of the shoulder joint in rabbits.* *Acta Orthop Scand*, 70:137-40, 1999.
10. **Voight ML, Hardin JA, Blackburn TA, Tippet S, Canner GC:** *The effects of muscle fatigue on and the relationship of arm dominance to shoulder proprioception.* *J Orthop Sports Phys Ther*, 23:348-52, 1996.
11. **Oh JH, Kim SH, Lee HK, Jo KH, Bin SW, Gong HS:** *Moderate preoperative shoulder stiffness does not alter the clinical outcome of rotator cuff repair with arthroscopic release and manipulation.* *Arthroscopy*, 24:983-91, 2008.
12. **Morisawa YK, T; Yamamoto, H; Sadahiro, T:** *A Study on the Position Sense of the Shoulder Joint in the Cases of the rotator cuff tears.* *J Shoulder Elbow Surg*, 4:S62, 1995.
13. **Skinner HB, Barrack RL, Cook SD:** *Age-related decline in proprioception.* *Clin Orthop Relat Res*:208-11, 1984.
14. **Anderson VB, Wee E:** *Impaired joint proprioception at higher shoulder elevations in chronic rotator cuff pathology.* *Arch Phys Med Rehabil*, 92:1146-51, 2011.
15. **Alvemalm A, Furness A, Wellington L:** *Measurement of shoulder joint kinaesthesia.* *Man Ther*, 1:140-5, 1996.
16. **Blasier RB, Carpenter JE, Huston LJ:** *Shoulder proprioception. Effect of joint laxity, joint position, and direction of motion.* *Orthop Rev*, 23:45-50, 1994.
17. **Allegrucci M, Whitney SL, Lephart SM, Irrgang JJ, Fu FH:** *Shoulder kinesthesia in healthy unilateral athletes participating in upper extremity sports.* *J Orthop Sports Phys Ther*, 21:220-6, 1995.
18. **de Castro Pochini A, Ejnisman B, de Seixas Alves MT, et al.:** *Overuse of training increases mechanoreceptors in supraspinatus tendon of rats SHR.* *J Orthop Res*, 29:1771-4, 2011.
19. **Safran MR, Borsa PA, Lephart SM, Fu FH, Warner JJ:** *Shoulder proprioception in baseball pitchers.* *J Shoulder Elbow Surg*, 10:438-44, 2001.
20. **Irlenbusch U, Gansen HK:** *Muscle biopsy investigations on neuromuscular insufficiency of the rotator cuff: a contribution to the functional impingement of the shoulder joint.* *J Shoulder Elbow Surg*, 12:422-426, 2003.
21. **Rogol IM, Ernst G, Perrin DH:** *Open and closed kinetic chain exercises improve shoulder joint reposition sense equally in healthy subjects.* *J Athl Train*, 33:315-8, 1998.
22. **Nagai T, Sell TC, Abt JP, Lephart SM:** *Reliability, precision, and gender differences in knee internal/external rotation proprioception measurements.* *Phys Ther Sport*, 13:233-7, 2012.

= ABSTRACT =

The Proprioceptive Function of Rotator Cuff Tear Patients: Preliminary Report of Pre-operative Function

Hyunil Lee, M.D., Jaewon Heo, M.D., Jae Chul Yoo, M.D.

*Department of Orthopaedic Surgery, Samsung Medical Center,
Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea*

Purpose: Proprioceptive function has been known to be important to shoulder stability. However, the function in rotator cuff tear patients is rarely investigated. The purpose of current study is to report the proprioceptive function in rotator cuff tear patients and to analyze the proprioceptive function regarding the tear size and the presence of subscapularis tear.

Materials and Methods: Between 2011 and 2012, total 76 patients (male 28 and female 48) were recruited and average age was 61.7 years old (range, 38~76). Preoperatively, joint position senses in internal and external rotation were measured for proprioceptive function testing by method of active re-positioning technique. The absolute difference from set point was measured. Proprioceptive function was further analyzed according to tear size of rotator cuff, the presence of subscapularis tear, visual analogue scale of pain, shoulder functional score (American society of elbow and shoulder score), and ranges of motion in shoulder.

Results: The absolute difference for external rotation was $4.9^\circ \pm 2.9^\circ$ in normal joint and $4.9^\circ \pm 3.0^\circ$ for involved joint in rotator cuff tear patients. This difference was not significant statistically ($p=0.87$). The absolute difference for internal rotation was $4.0^\circ \pm 2.7^\circ$ in normal joint whereas $4.8^\circ \pm 3.7^\circ$ for involved joint showing statistically significant difference ($p=0.043$). There was some trend that the proprioceptive function of internal rotation was more impaired in the bigger tear size group (more than medium tear) compared to the smaller tear size group (partial thickness and small tear, 5.0 vs. 4.0, $p=0.061$). The impairment of internal rotation proprioception was also accentuated in patients with subscapularis tear (4.8 vs. 4.0, $p=0.065$). The proprioceptive function of internal rotation was decreased when the pain visual analogue scale was increased (5.2 vs. 4.0 $p=0.04$), shoulder functional score was decreased (6.1 vs. 4.2, $p=0.005$), or range of motion in shoulder joint was restricted (5.3 vs. 3.7, $p=0.041$).

Conclusion: The deficit of proprioceptive function was observed in rotator cuff tear patients. Proprioception for internal rotation was impaired in patients with the bigger tear size and subscapularis tear. Pain, shoulder function score, and range of motion were also shown to be related with the deficit in proprioceptive function.

Key Words: Shoulder, Rotator cuff tear, Proprioception

Address reprint request to **Jae Chul Yoo, M.D.**

Department of Orthopaedic Surgery, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine
50 Ilwon-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-710, Korea

TEL: 82-2-3410-3509, FAX: 82-2-3410-0061, E-mail: shoulderyoo@gmail.com