

골다공증이 있는 상완골 골두의 파일럿 홀 (Pilot Hole)과 흡수성 나사못의 크기에 따른 토크 (Torque)와 뽑힘 강도 (Pullout Strength) 간의 관계

연세대학교 의과대학 정형외과학교실, 연세대학교 의과대학 영상의학과학교실*

천용민 · 이영한* · 김성환 · 박유정 · 김성재

Relationship Between Insertion Torque, and Pullout Strength Depending on the Size of the Pilot Hole and Biodegradable Suture Anchor in Osteoporotic Humeral Head

Yong-Min Chun, M.D., Ph.D., Young-Han Lee, M.D.*, Sung-Hwan Kim, M.D.,
Yoo-Jung Park, M.D., Sung-Jae Kim, M.D., Ph.D.

*The Department of Orthopaedic Surgery, Arthroscopy and Joint Research Institute,
Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea
The Department of Radiology, Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea**

Purpose: The object of this study was to investigate the difference in torque and pullout strength between the standard anchor insertion (5.0 mm) with a small awl (3.7 mm) and larger anchor insertion (6.5 mm), with a standard awl (5.0 mm) in osteoporotic humeral head.

Materials and Methods: The embalmed 24 paired cadaveric shoulders were assigned to either Group A or B. After measuring the bone mineral density (BMD) of the ROI (region of interest) in the humeral head, 5.0 mm suture anchors were inserted using a 3.7 mm awl in Group A1, and the same 5.0 mm anchors were inserted using a 5.0 mm awl in Group A2. The 5.0 mm anchors were inserted using a 5.0 mm awl in Group B1, and 6.5 mm anchors were inserted using a 5.0 mm awl in Group B2. We measured the torques at the time of the anchor insertion and pullout strengths.

Results: There was no significant difference in the BMD between the groups. The torque of A1 (20.6 cN·m) was significantly higher than that of A2 (13.2 cN·m), and the torque of B2 (20.8 cN·m) was significantly higher than that of B1 (12.1 cN·m). However, the difference in the increased torque between group A and B was not significant. The pullout strength of A1 (204.2 N) was significantly higher than that of A2 (152.9 N), and the pullout strength of B2 (210.9 N) was significantly higher than that of B1 (149.5 N). However, the difference in the increased pullout strength between Group A and B was not significant.

※통신저자: 김 성 재

서울특별시 서대문구 연세로 50
연세대학교 의과대학 정형외과학교실

Tel: 02) 2228-2180, Fax: 02) 363-1139, E-mail: min1201@hanmail.net

접수일: 2012년 2월 27일, 1차 심사완료일: 2012년 4월 4일, 2차 심사완료일: 2012년 4월 29일, 3차 심사완료일: 2012년 5월 29일,
4차 심사완료일: 2012년 6월 5일, 게재 확정일: 2012년 6월 6일

* 본 연구는 "연세대학교 의과대학 2009년도 신진교수 연구비 (6-2009-0095)"에 의하여 이루어 졌음.

Conclusion: In severe osteoporosis, the use of a larger suture anchor with a standard awl increased the torque and pullout strength significantly, in comparison to the use of the same sized suture anchor and awl. If there is an inadequate interval between the anchors on the greater tuberosity, the use of a 3.7 mm awl and 5.0 mm anchor will be beneficial compared to that of a 5.0 mm awl and 6.5 mm anchor, considering that an increase in the pullout strength does not depend on the awl size.

Key Words: Humeral head, Greater tuberosity, Bone mineral density, Torque, Pullout strength

서 론

연령이 높아짐에 따라 회전근개 파열의 유병율도 증가하게 되는데, 특히 60대 이상에서는 유병율이 30%에서 54%까지에 이르는 것으로 보고 되고 있다.¹⁻³⁾ 또한 고령의 환자들에게 흔히 동반되는 골다공증으로 인하여 상완골 골두의 골질 (bone quality)이 불량할 수 있기 때문에 회전근개 봉합술 시 봉합 나사못과 관련한 합병증, 즉 이완 (loosening)이나 이동 (migration)이 생길 수 있어 술 후 만족스럽지 못한 결과를 초래할 수 있다.^{4,5)} 회전근개 파열에 대한 봉합술 시, 금속 봉합 나사못의 생역학적 우월성을 선호하는 술자들도 있지만, 금속 나사못은 위에서 기술된 합병증과 술 후 MRI 촬영시 생기는 간섭 등의 단점이 있어 흡수성 봉합 나사못이 더 널리 쓰이게 되고, 흡수성 봉합 나사못이 금속 봉합 나사못을 대체하는 추세이다.^{6,7,8)} 일반적으로 흡수성 봉합 나사못을 근위 상완골 골두에 삽입하려면, 사용하고자 하는 나사못의 크기에 맞는 파일럿 홀 (pilot hole)을 송곳 (awl)을 이용해서 만든 후에 나사못을 삽입하도록 되어 있다. 그러나 골다공증으로 인해 골질이 불량한 환자에서 나사못을 삽입할 때 잠기는 느낌 (purchasing bone solidly) 이 없는 경우, 과연 나사못이 튼튼하게 회전근개를 고정할 수 있는지에 대한 의문의 여지가 있다. 이런 경우 봉합사를 당겨 보아서 이완이 있는 지를 확인하거나, 더 큰 치수의 나사못을 삽입하게 된다. 그러나 더 큰 치수의 나사못은 더 큰 뽑힘 강도 (pullout strength)를 제공할 수는 있지만 경우에 따라 상완골 골두 대결절의 footprint가 충분이 넓지 않은 경우에는 인접할 삽입 나사못간의 거리가 가깝게 되어 나사못 삽입 중 균열 (crack)이 생길 수 있다. 골다공증으로 인해 상완골 골두의 불량한 골질이 예상되고, 두 개 이상의 나사못을 삽입할 공간이 충분하지 않은 경우 처음부터 표준 송곳 (awl)보다 작은 치수의 송곳을 이용해서 표준 치수의 나사못을 삽입할 수 있다면, 삽입 당시의 토크 (torque)와 뽑힘 강도도 증가시키면서 두 나사못 사이의 균열 연장 (crack extension)도 예방할 수 있을 것이다.

지금까지 상완골 골두 대결절의 부위에 따른 골밀도

와 나사못의 뽑힘 강도와 최적의 삽입 위치에 관한 연구는 많았지만, 송곳과 나사못의 크기와 관련된 삽입시의 토크와 삽입 후 뽑힘 강도와 골밀도의 연관성에 대해서는 아직 보고된 바가 없다.^{4-6,9,10)}

이에 저자들은 골다공증이 있는 상완골 골두에서 송곳과 나사못의 치수, 토크와 뽑힘 강도, 나사못 삽입 위치와 삽입 부위의 골밀도와의 관계를 알아보려고 하였다. 저자들은 표준보다 작은 송곳 (3.7 mm 나사못용)과 표준 치수의 나사못 (5.0 mm 나사못)을 사용한 경우의 토크와 뽑힘 강도가 표준 치수의 송곳 (5.0 mm 나사못용)과 큰 치수의 나사못 (6.5 mm 나사못)을 사용한 경우와 큰 차이가 없을 것이라고 가설을 세웠다.

대상 및 방법

표본 준비 및 골밀도 측정

방부 처리된 12명, 24개의 짝지은 사체 견관절을 대상으로 하였고, 견관절의 수술력이나 육안으로 확인되는 골 변형이나 결손, 회전근개의 파열이 있는 경우는 제외하였다. 표본들을 6명, 12개의 표본씩 A군과 B군으로 나누었다. A군에서는 5.0 mm Biocorkscrew (Arthrex, Naples, FL) 삽입을 위한 파일럿 홀 (pilot hole)을 3.7 mm 나사못 삽입용 송곳 (Arthrex, Naples, FL) (Fig. 1)으로 만드는 경우를 A1군, 같은 5.0 mm Biocorkscrew (Arthrex, Naples, FL) 삽입을 위한 파일럿 홀 (pilot hole)을

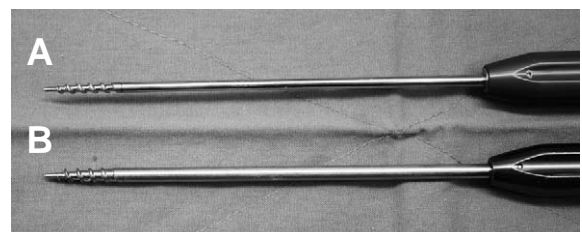


Fig. 1. Awls for suture anchor insertion were shown. (A) Awl for 3.7 mm suture anchor insertion. (B) Awl for 5.0 mm suture anchor insertion

5.0 mm 나사못 삽입용 송곳 (Arthrex, Naple, FL) (Fig. 1)으로 만드는 경우를 A2군으로 하였다. B군에서는 A군에서 사용했던 같은 5.0 mm 나사못 삽입용 송곳을 이용하여 5.0 mm Biocorkscrew를 삽입하는 경우를 B1군, 5.0 mm 나사못 삽입용 송곳을 이용하여 6.5 mm Biocorkscrew를 삽입하는 경우를 B2군으로 하였다.

본 실험에 이용된 사체의 각 군당 평균 나이는 A군이 73.6 (67~79)세, B군이 74.4 (69~81)세 이었고, A군과 B의 성별 분포는 남녀 모두 3명으로 동일하였다. 실험은 사체에서 상완골을 분리하고 주변의 연부 조직을 모두 제거하였다. 해면골의 골밀도는 상완골 골두의 아래 관절면에서 11 cm 되는 부위에서 절단을 하고 전산화 단층 촬영 (qCT) (quantitative computed tomography) (LightSpeed VCT 64, GE Healthcare, Milwaukee, WI) 내에서 대결절이 위쪽 12시 방향을 향하도록 수평으로 고정을 하고,^{5,6)} 축성 촬영 (axial scan, 30 slices, with 3 mm slice thickness over range of 8 to 12 cm at 120 kV and 150 mAs)을 하여 측정하였다. 모든 전산화 단층 촬영 (qCT) 자료는 PRO Software version 4.2.3

(Mindways Software, Inc., Austin, TX)를 이용하여 분석하였다. 관심 부위 (ROI, Region of Interest)는 사용될 나사못의 크기와 가까운 6 mm×10 mm의 직사각형 모형을 시상면, 및 관상면에서, 그리고 6 mm의 원형을 축성면에서 (Fig 2), 나사못이 삽입될 대결절 내의 상완골 골두의 관절면과 맞닿는 회전근개 footprint의 전내측과 후내측의 소주골 (trabecular) 골밀도만 측정하였고, 간격은 나사못 삽입 시나 뽑힘 강도 검사 시에 생길 수 있는 균열 연장 (crack extension)을 방지하기 위해 10 mm 로 하였다.^{5,11)} 골 밀도 촬영과 분석은 독립적인 (independent) 근골격계 영상의학과 전문가가 하였다.

나사못 삽입과 토크 측정

보고된 논문에 따르면 상완골 골두의 대결절에서 골 밀도는 후방이 의미 있게 높다고 하였지만, 나사못의 뽑힘 강도는 전방이나 중간 부위가 후방보다 높다고 보고하였다.^{1,9,10)} 따라서 각각의 짝지는 견관절에서 전방과 후방에 삽입할 송곳이나 나사못의 크기를 좌우 견관절에서 반대로 하기로 하였다. 즉 같은 크기의 나사못



Fig. 2. The ROI (Region of Interest) was determined and cancellous BMD (bone mineral density) was calculated. (A) The ROI was determined approximately on axial, sagittal and coronal image. (B) An 6 mm × 10 mm rectangle was placed at the ROI on coronal and sagittal image, 6 mm diameter circle on axial image.



Fig. 3. The torque wrench and anchor-insertion rod. (A) The torque wrench. (B) The anchoring device was modified and cut at the shaft to fit into the torque wrench. (C) The end of the rod was assembled with the torque wrench.



Fig. 4. The specimen was fixed in the custom-made jig. The direction of suture pull was perpendicular to the angle of anchor insertion.

(5.0 mm)을 사용하는 A군에서 좌측 견관절에서 3.7 mm 나사못 삽입용 송곳을 전방에, 5.0 mm 나사못 삽입용 송곳을 후방에 삽입하였다면, 우측 견관절에서는 후방에 3.7 mm를, 전방에 5.0 mm 송곳을 삽입하였다. 같은 크기의 송곳 (5.0 mm 나사못 삽입용)을 사용하는 B군에서는 나사못을 A군처럼 좌우를 반대로 하였다. 따라서 표본당 두 개의 나사못을 삽입하였다.

골밀도 검사가 끝난 상완골 골두 및 상완골 근위부를 주문 제작한 jig에 polymethacrylate 로 고정된 후에 대결절과 상완골 골두의 관절면이 만나는 부위, 즉 교량형 이열 봉합술 (double row suture bridge)에서 내측 열 (medial row)에 속하는 대결절의 내측 부위에 앞 부위와 뒷 부위에 10 mm의 간격을 두고 송곳으로 파일럿 홀을 골 표면에 45도 각도로 만들었다.¹²⁾ 지정된 나사못을 토크 렌치 (torque wrench) (BTG36CN-S; TOHNICHI MFG. CO. Tokyo, Japan) (Fig. 3A)에 고정하기 좋은 제작된 막대 (rod) (Fig. 3B)에 장착하고 2/3정도 삽입하여 자리를 잡게 한 후에 마지막 1/3의 삽입은 토크 렌치 (Fig. 3C)에 연결하여 나사못 안내자 (guide)의 표시 (laser mark)까지 삽입시 걸리는 가장 큰 토크 (torque)를 측정하였다. 뒷 부분의 나사못 삽입과 토크 측정도 같은 방법으로 하였다.

뽑힘 강도 측정

표본에 삽입된 나사못을 당기는 축은 나사못의 장축과 90° 각도를 이루게 하여 실제의 회전근개가 당기는 축과 비슷하게 하였다 (Fig. 4).^{10,13-15)} 실험은 인스트론 (Instron 3366, Instron Co., Ltd, Norwood, MA)의 크로스 헤드 (crosshead)에 20 cm의 거리로 고정을 하고, 10 N의 전부하 (pretension)하에 Instron의 영점 조절을 하였다.^{10,15)} 최대 장력 (Ultimate tensile strength)을 주기 위해 장력은 30 mm/min의 속도로 주었으며, 나사못의 뽑힘 (pullout) 시에 측정되는 최대 장력을 뽑힘 강도로 정의하였다.

통계학적 분석

각 군간 또는 소 군간의 골밀도, 토크, 뽑힘 강도는 Mann-Whitney analysis를 하였고, 골밀도와 토크와의 상관관계, 골밀도와 뽑힘 강도 간의 상관관계, 토크와 뽑힘 강도 간의 상관관계는 Spearman's rank correlation analysis를 하였다.

결 과

골밀도

각각 짝지은 (paired) 좌 우 상완골 골두 내의 전방 및 후방 골밀도 간에 유의한 차이는 없었다. A군 내에서 나사못이 삽입될 관심 부위 (ROI, Region of Interest)의 골밀도는 전내측이 31.6 ± 7.8 mg/cc 이었고, 후내측은 31.9 ± 7.9 mg/cc으로 유의한 차이는 없었다. B군 역시 전내측은 28.8 ± 6.2 mg/cc 이었고, 후내측은 30.1 ± 6.8 mg/cc로 두 군간 유의한 차이는 없었다. A군의 전방 및 후방 관심부의 (ROI, REGION OF INTEREST)의 평균 골밀도는 31.7 ± 7.7 mg/cc 이었고, B군은 29.8 ± 6.4 mg/cc 로 두 군간의 유의한 차이는 없었다.

나사못 삽입 시의 토크 (torque) (Table 1)

A군에서 3.7 mm 나사못용 송곳 (A1군)과 5.0 mm 나사못용 송곳 (A2군)으로 파일럿 홀을 만들고 5.0 mm 나사못을 삽입하였을 때 측정된 토크 (torque)는 각각 20.6 ± 1.6 cN·m와 13.2 ± 2.2 cN·m로 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.001$). 두 토크 (torque)의 차, 즉 3.7 mm 나사못용 송곳을 이용해서 5.0 mm 나사못을 삽입하였을 때, 5.0 mm 나사못용 송곳을 이용해서 5.0 mm 나사

Table 1. Torque at the time of suture anchor insertion and pullout strength

	Torque	Difference	Pullout strength	Difference
Group A1	20.6 ± 1.6 cN · m	7.6 ± 2.0 cN · m	204.2 ± 18.6 N	51.3 ± 19.6 N
Group A2	13.2 ± 2.2 cN · m		152.9 ± 17.3 N	
p-value	< 0.001	ns*	< 0.001	ns*
Group B1	12.1 ± 1.2 cN · m	8.7 ± 1.7 cN · m	149.5 ± 13.4 N	61.5 ± 17.1 N
Group B2	20.8 ± 2.3 cN · m		210.9 ± 19.2 N	
p-value	< 0.001		< 0.001	

Group A1: use of 3.7 mm awl and 5.0 mm suture anchor insertion

Group A2: use of 5.0 mm awl and 5.0 mm suture anchor insertion

Group B1: use of 5.0 mm awl and 5.0 mm suture anchor insertion

Group B2: use of 5.0 mm awl and 6.5 mm suture anchor insertion

*ns: not significant

못을 삽입할 때보다 증가되는 토크 (torque)는 7.6 ± 2.0 cN · m로 56% 증가된 값을 보였다.

B군에서는 5.0 mm 나사못용으로 파일릿 홀을 만들고, 5.0 mm 나사못 (B1군)과 6.5 mm 나사못 (B2군)을 삽입할 때 측정된 토크는 각각 12.1 ± 1.2 cN · m 와 20.8 ± 2.3 cN · m로 유의한 차이 ($p < 0.001$)를 보였다. 두 토크의 차, 즉 5.0 mm 나사못 용 송곳을 이용해서 6.5 mm 나사못을 삽입할 경우, 5.0 mm 나사못을 삽입할 때보다 증가되는 토크는 8.7 ± 1.7 cN · m로 71% 증가된 값을 보였다. B군에서 A군에 비해 더 많은 토크의 증가를 보였지만, 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

뽑힘 강도 (Table 1)

나사못 자체의 파괴 (breakage)나 실의 파손 (failure)은 없었고, 모두 나사못의 뽑힘 직전에 걸렸던 최대 장력이 측정되었다. A군에서 A1군의 뽑힘 강도는 204.2 ± 18.6 N이었고, A2군의 뽑힘 강도는 152.9 ± 17.3 N으로 유의한 차이 ($p < 0.001$)를 보였다. 두 뽑힘 강도의 차이는 51.3 ± 19.6 N이었고 A1군에서 34% 정도 증가된 값을 보였다. B군에서 B1군과 B2군 각각의 뽑힘 강도는 149.5 ± 13.4 N과 210.9 ± 19.2 N으로 유의한 차이 ($p < 0.001$)를 보였으며, 두 뽑힘 강도의 차이는 61.5 ± 17.1 N로 B2군에서 41% 정도의 증가된 값을 보였다. A군보다 B군에서 더 많은 뽑힘 강도의 증가를 보였지만 통계학적으로 유의하지는 않았다.

골밀도, 토크, 뽑힘 강도의 관계

A1군에서 골밀도와 토크 및 골밀도와 뽑힘 강도의 상관관계는 통계학적으로 유의하지 않았다. 그러나 토

크와 뽑힘 강도와의 상관관계는 상관계수가 0.713로 통계학적으로 유의하였다 ($p = 0.018$). A2군에서도 골밀도와 토크 및 골밀도와 뽑힘 강도와의 상관관계는 유의하지 않았지만, 토크와 뽑힘 강도와의 상관계수가 0.583로, 통계학적으로 유의한 결과를 보였다 ($p = 0.009$). B1군과 B2군에서도 골밀도와 토크 및 골밀도와 뽑힘 강도 간의 상관관계는 통계학적으로 유의하지 않았으나, 토크와 뽑힘 강도와의 상관 관계는 모두 유의하였으며 (B1, $p = 0.002$; B2, $p < 0.001$), 상관계수는 각각 0.802, 0.889 이었다.

고 찰

골다공증이 있는 상완골 골두에서의 견고하지 않은 나사못의 고정은 회전근개 봉합술 후에 생길 수 있는 봉합술의 실패와 임상적으로 좋지 않은 결과를 가져올 수 있어서 논쟁의 쟁점이 되어 왔으며,^{4,16,17} 상완골 골두 대결절의 어느 부위에 나사못을 삽입해야 견고한 고정이 되는지에 대해서는 많은 연구와 논란이 있어 왔다.^{4,18,19} 또한 실제로 관절경 수술 시에 고정력을 높이기 위해 표준보다 큰 나사못을 쓰면 뽑힘 강도는 얼마나 증가하는지, 처음부터 작은 송곳으로 파일릿 홀을 만들고 표준 크기의 나사못을 사용하면 뽑힘 강도는 큰 나사못에 못지 않은지에 대한 의문이 있어 왔지만 이에 대한 연구가 없었다.

골다공증이 있는 상완골 골두의 대결절 내에서의 골밀도는 부위에 따라 다른 결과를 보여왔다.^{10,18,19} Kirchhoff 등은 대결절에서 내측 열이 외측 열보다 골밀도가 높았고, 그 중 후내측이 가장 높았다고 보고 하였다.⁹ Tingart 등도 상완골 골두 대결절의 골밀도를 소주골 (trabecular), 피질골 (cortical) 골밀도 및 전체 골밀도로 나누어서 측정하면서 소주골 골밀도는 후내측이, 피질골은 중간 내측이 가장 높다고 보고 하였

다.^{5,6)} 본 연구에서는 소주골 골밀도만 측정하였고 전내측과 후내측의 골밀도 차이는 유의하지 않았다.

나사못의 뽑힘 강도는 전내측과 중간 내측이 후내측보다 유의하게 높았다고 보고 되고 있는데, 이는 뽑힘 강도에는 골밀도 뿐만 아니라 소주골의 미세 구조(microstructure)도 관여하기 때문인 것으로 보고되고 있다.^{5,6,20)} Tingart 등도 대결절 내측에서는 피질골 골밀도가, 외측에서는 소주골 골밀도가 뽑힘 강도의 주요한 예측변수(predictor)이었음을 보고 하였지만, 두 가지를 모두 합한 전체 골밀도에서는 뽑힘 강도와 유의한 차이는 발견하지 못했다.^{4,6,18)} 본 연구에서는 소주골 골밀도만 측정하였는데, 어느 군에서도 골밀도와 뽑힘 강도 간의 유의한 상관 관계는 찾을 수 없었다. 이는 이전의 많은 연구들의 골밀도의 범위가 100~500 mg/cm³ 이었고, 특히 소주골의 골밀도는 100~150 mg/cm³ 전후의 값을 보이며 표준 편차도 30~40 mg/cm³ 내외의 값을 보였지만,^{5,6,10)} 본 연구에서는 30 mg/cm³ 전후의 값을 보이는 매우 심한 골다공증을 보이고 표준 편차도 10 mg/cm³ 이내의 값을 보여, 비교적 균일한 값을 보이는데 기인한 것으로 생각된다.

나사못을 삽입 할 때 걸리는 토크 또한 어느 군에서도 골밀도와 유의한 상관 관계를 보이지 않았지만, 토크와 뽑힘 강도와는 모든 군에서 유의한 상관 관계를 보였다. 따라서 실제 수술에서 나사못 삽입 때 잠기는 느낌(purchasing bone solidly)이 적거나 없는 경우는 뽑힘 강도가 낮은 고정성 될 개연성이 높고, 따라서 뽑힘 강도를 늘리기 위해 더 큰 치수의 나사못으로 교체하거나 추가적인 나사못의 삽입이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 결과를 고려할 때, 골다공증이 심한 환자에서 원래의 나사못의 크기보다 작은 송곳으로 파일럿 홀을 만들고, 나사못을 삽입하는 것은 표준 송곳(5.0 mm)을 이용하고 5.0 mm 나사못을 삽입하는 것보다 유의하게 토크나 뽑힘 강도를 증가시킬 수 있을 것으로 생각되나, 그 증가되는 정도는 송곳의 크기에 따라 차이를 보이지 않을 것으로 생각된다.

본 연구의 제한 점으로는 첫째, 검증력 분석(power analysis)이 선행되지 않았고, 제한된 표본 수로 인한 통계상의 제 2종 오류(type II error)의 가능성을 배제하지 못했다. 둘째, 골밀도 측정을 소주골에 국한해서 측정하였다. 피질골의 골밀도와 전체 골밀도를 모두 측정해서 자료를 분석하였으면 더 의미 있는 결과를 도출하였을 것이다. 셋째, 신선 동결 사체가 아닌 방부처리 사체가 골밀도나 토크, 뽑힘 강도에 다른 영향을 미쳤을 가능성이 있고, 이 또한 실제 골밀도나 토크, 뽑힘 강도와는 다를 수 있다.

결 론

골다공증이 심한 회전근개 파열 환자에서 봉합술을 위해 상완골 골두에 나사못을 삽입할 때, 대결절의 footprint 내에 나사못과 나사못 사이의 거리가 충분하지 않은 경우에 5.0 mm 송곳을 이용하여 6.5 mm 나사못을 삽입하는 대신 3.7 mm 송곳을 이용하여 5.0 mm 나사못을 삽입해도 증가되는 뽑힘 강도는 비슷할 것으로 생각된다. 그리고 토크와 뽑힘 강도의 상관 관계를 고려할 때, 나사못 삽입시 잠기는 느낌이 약하다고 생각되면, 뽑힘 강도를 높일 수 있는 다른 방법으로 더 큰 나사못을 삽입하거나 추가로 나사못을 삽입하는 것이 바람직하다고 생각한다.

REFERENCES

- 1) **Lehman C, Cuomo F, Kummer FJ, Zuckerman JD.** *The incidence of full thickness rotator cuff tears in a large cadaveric population. Bull Hosp Jt Dis.* 1995;54:30-1.
- 2) **Milgrom C, Schaffler M, Gilbert S, van Holsbeeck M.** *Rotator-cuff changes in asymptomatic adults. The effect of age, hand dominance and gender. J Bone Joint Surg Br.* 1995;77:296-8.
- 3) **Sher JS, Uribe JW, Posada A, Murphy BJ, Zlatkin MB.** *Abnormal findings on magnetic resonance images of asymptomatic shoulders. J Bone Joint Surg Am.* 1995;77:10-5.
- 4) **Barber FA, Feder SM, Burkhart SS, Ahrens J.** *The relationship of suture anchor failure and bone density to proximal humerus location: a cadaveric study. Arthroscopy.* 1997;13:340-5.
- 5) **Tingart MJ, Apreleva M, Zurakowski D, Warner JJ.** *Pullout strength of suture anchors used in rotator cuff repair. J Bone Joint Surg Am.* 2003;85-A:2190-8.
- 6) **Tingart MJ, Apreleva M, Lehtinen J, Zurakowski D, Warner JJ.** *Anchor design and bone mineral density affect the pull-out strength of suture anchors in rotator cuff repair: which anchors are best to use in patients with low bone quality? Am J Sports Med.* 2004;32: 1466-73.
- 7) **Kaar TK, Schenck RC, Jr., Wirth MA, Rockwood CA, Jr.** *Complications of metallic suture anchors in shoulder surgery: A report of 8 cases. Arthroscopy.* 2001;17:31-7.
- 8) **Benson EC, MacDermid JC, Drosdowech DS, Athwal GS.** *The incidence of early metallic suture anchor pullout after arthroscopic rotator cuff repair. Arthroscopy.* 2010;26:310-5.
- 9) **Kirchhoff C, Braunstein V, Milz S, Sprecher CM, Fischer F, Tami A, Ahrens P, Imhoff AB, Hinter-**

- wimmer S.** *Assessment of bone quality within the tuberosities of the osteoporotic humeral head: relevance for anchor positioning in rotator cuff repair.* *Am J Sports Med.* 2010;38:564-9.
- 10) **Mahar A, Allred DW, Wedemeyer M, Abbi G, Pedowitz R.** *A biomechanical and radiographic analysis of standard and intracortical suture anchors for arthroscopic rotator cuff repair.* *Arthroscopy.* 2006;22:130-5.
- 11) **Schneeberger AG, von Roll A, Kalberer F, Jacob HA, Gerber C.** *Mechanical strength of arthroscopic rotator cuff repair techniques: an in vitro study.* *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84-A:2152-60.
- 12) **Burkhart SS.** *The deadman theory of suture anchors: observations along a south Texas fence line.* *Arthroscopy.* 1995;11:119-23.
- 13) **Petit CJ, Boswell R, Mahar A, Tasto J, Pedowitz RA.** *Biomechanical evaluation of a new technique for rotator cuff repair.* *Am J Sports Med.* 2003;31:849-53.
- 14) **Lee S, Mahar A, Bynum K, Pedowitz R.** *Biomechanical comparison of bioabsorbable sutureless screw anchor versus suture anchor fixation for rotator cuff repair.* *Arthroscopy.* 2005;21:43-7.
- 15) **Bynum CK, Lee S, Mahar A, Tasto J, Pedowitz R.** *Failure mode of suture anchors as a function of insertion depth.* *Am J Sports Med.* 2005;33:1030-4.
- 16) **Gerber C, Fuchs B, Hodler J.** *The results of repair of massive tears of the rotator cuff.* *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82:505-15.
- 17) **Djurasovic M, Marra G, Arroyo JS, Pollock RG, Flatow EL, Bigliani LU.** *Revision rotator cuff repair: factors influencing results.* *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83-A:1849-55.
- 18) **Goradia VK, Mullen DJ, Boucher HR, Parks BG, O'Donnell JB.** *Cyclic loading of rotator cuff repairs: A comparison of bioabsorbable tacks with metal suture anchors and transosseous sutures.* *Arthroscopy.* 2001;17:360-4.
- 19) **Burkhart SS, Diaz Pagan JL, Wirth MA, Athanasiou KA.** *Cyclic loading of anchor-based rotator cuff repairs: confirmation of the tension overload phenomenon and comparison of suture anchor fixation with transosseous fixation.* *Arthroscopy.* 1997;13:720-4.
- 20) **Yakacki CM, Poukalova M, Guldberg RE, Lin A, Saing M, Gillogly S, Gall K.** *The effect of the trabecular microstructure on the pullout strength of suture anchors.* *J Biomech.* 2010;43:1953-9.

초 록

목적: 본 연구의 목적은 골다공증이 있는 회전근개 파열 환자에서 상완골 골두에 표준 크기 (5.0 mm) 보다 작은 송곳 (awl) (3.7 mm 나사못용)을 사용해서 5.0 mm 나사못을 삽입하는 것이 표준 크기의 송곳과 6.5 mm 나사못을 삽입하는 것에 비해 토크 (torque)나 뽑힘 강도(pullout strength)에서 차이가 있는지를 알아보려고 하였다.

대상 및 방법: 방부 처리된 12명, 24개의 짝지은 사체 견관절을 A군과 B군, 두 군으로 나누어 관심 부위의 골밀도를 측정 한 후에 A군에서는 5.0 mm 나사못 삽입을 위해 3.7 mm 송곳 (awl)을 이용하는 경우를 A1군, 5.0 mm 나사못 삽입을 위해 5.0 mm 송곳을 이용하는 경우를 A2군으로 하였다. B군에서는 5.0 mm 송곳을 이용하여 5.0 mm 나사못을 삽입하는 경우를 B1군, 6.5 mm 나사못을 삽입하는 경우를 B2군으로 하여 나사못 삽입 시의 토크와 뽑힘 강도를 측정하였다.

결과: 골밀도는 A군과 B군 간이나 군내에 차이가 없었다. 토크는 A1군이 A2군보다 각각 20.6 cN·m와 13.2 cN·m로 유의한 차이를 보였고 ($p<0.001$), B1군과 B2군에서도 각각 12.1 cN·m와 20.8 cN·m로 유의한 차이를 보였다 ($p<0.001$). 그러나 증가된 정도의 차이는 유의하지 않았다.

A1군과 A2군의 뽑힘 강도는 각각 204.2 N과 152.9 N으로 유의한 차이를 보였고 ($p<0.001$), B1군과 B2군에서도 149.5 N과 210.9 N으로 유의한 차이를 보였다 ($p<0.001$). 그러나 증가된 정도의 차이는 유의하지 않았다.

결론: 송곳 크기보다 큰 치수의 나사못을 사용하면, 같은 크기의 송곳과 나사못을 사용하는 경우 토크나 뽑힘 강도가 유의하게 증가하였다. 그러나 증가된 정도는 큰 송곳과 작은 송곳 간에 차이가 유의하지 않았다. 따라서 대결절의 footprint 내에 나사못과 나사못 사이의 거리가 충분하지 않은 경우에 5.0 mm 송곳을 이용하여 6.5 mm 나사못을 삽입하는 대신 3.7 mm 송곳을 이용하여 5.0 mm 나사못을 삽입해도 증가되는 뽑힘 강도는 차이가 없을 것으로 생각한다.

색인 단어: 상완골 골두, 대결절, 골밀도, 토크(torque), 뽑힘 강도(pullout strength)