



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2015년 2월

석사학위논문

# 회전근 개 질환에서 극상건 파열 크기와 위축 사이의 관계

조선대학교 대학원

의학과

박형석

# 회전근 개 질환에서 극상건 파열 크기와 위축 사이의 관계

Correlation between Degree of Torn Supraspinatus tendon  
and Muscle Atrophy in Rotator Cuff Disease

2015년 2월 25일

조선대학교 대학원

의학과

박형석

회전근 개 질환에서 극상건 파열  
크기와 위축 사이의 관계

지도교수 문 영 래

이 논문을 의학 석사학위신청 논문으로 제출함

2014년 10월

조선대학교 대학원

의학과

박형석

## 박형석의 석사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 이 상 흥 (인)

위 원 조선대학교 교수 김 동 휘 (인)

위 원 조선대학교 교수 문 영 래 (인)

2014년 11월

조선대학교 대학원

# 목 차

ABSTRACT	-----	vi
I . 서론	-----	1
II . 대상 및 방법	-----	2
III . 결과	-----	4
IV . 고찰	-----	5
V . 결론	-----	8
참고문헌	-----	9

# 표목차

Table 1. Results of Repeated Measures ANOVA Test on Sectional  
Volume between Group ----- 12

# 도목차

Figure 1. 3D reconstruction image of muscles of the rotator cuff. It composed of supraspinatus muscle, infraspinatus muscle, subscapularis muscle and teres minor muscle. (A) Anterior view, (B) Posterior view, (C) Superior view ----- 13

Figure 2. Measurement of tear size on magnetic resonance image(MRI). Tear size was calculated on picture archiving and communication system(PACs). Marked line is size of the supraspinatus tear --- 14

Figure 3. Measurement of tear location on magnetic resonance image(MRI). (A) Supraspinatus tendon insertion site was divided in half (B) anterior tear (C) posterior tear (D) anterior & posterior tear ----- 15

Figure 4. 3D reconstruction model of supraspinatus muscle be made by Mimics® 17.0 (Materialise®, Louvain, Belgium) program. The region filled with oblique lines shows affected supraspinatus muscle. Atrophic ratio was expressed as the ratio of normal and



affected supraspinatus muscle ----- 16

Figure 5. 3D reconstruction model of supraspinatus muscle be made by Mimics® 17.0 (Materialise®, Louvain, Belgium) program. A 3D model are divided to 8 segments by same interval. And each cross-section of 8 segments are used for comparing ----- 17

Figure 6. 3D reconstruction model of average shape from Mimics® 17.0 (Materialise®, Louvain, Belgium). (A) Normal shape, (B) Anterior tear, (C) Posterior tear, (D) Anterior & posterior tear ----- 18

Figure 7. Scatter plot of supraspinatus tendon tear size and muscle volume. Supraspinatus tendon tear size and muscle volume are inversely proportional. It means that the lager the tear size, the larger the atrophy of supraspinatus muscle ----- 19

Figure 8. Scatter plot of age and supraspinatus muscle volume. Age and muscle volume are inversely proportional. It means that the older the age, the larger the atrophy of supraspinatus muscle -- 20

Figure 9. Scatter plot of supraspinatus tendon tear size and age. Age and muscle volume are proportional. It means that the older the age, the larger the size of the supraspinatus tendon tear ----- 21

Figure 10. Scatter plot of supraspinatus muscle volume and the time to operation(duration). There is no significant correlation on supraspinatus muscle volume and the duration ----- 22

Figure 11. Scatter plot of supraspinatus tendon tear size and the time to operation(duration). Duration and tendon tear size are proportional. It means that the longer the duration, the larger the size of the supraspinatus tendon tear ----- 23

Figure 12. Repeated measures ANOVA test on the sectional volume between group ----- 24

Figure 13. Example of tangent sign on T2 weighted sagittal cut on MRI. (A) negative(normal) (B) positive(significant atrophy) ---- 25

## ABSTRACT

### Correlation between Degree of Torn Supraspinatus tendon and Muscle Atrophy in Rotator Cuff Disease

Park Hyung Seok

Advisor : Prof. Moon Young Lae

Department of Medicine,

Graduate School of Chosun University

**Purpose:** To analyze 3D volume and pattern change of supraspinatus muscle following the size and location of supraspinatus tendon tear.

**Materials and Methods:** A retrospective case-control study was performed assessing the volume and shape of muscle using Mimics® 17.0 (Materialise®, Louvain, Belgium) program for 3D reconstruction and assessing supraspinatus tendon tear size and location using 1.5T MRI in 40 patients. The correlation between the muscle atrophy and the tendon tear was statistically analyzed.

**Results:** The results demonstrated a significant positive correlation between the muscle atrophy and the tendon tear. ( $p < 0.05$ ) And there was statistically significant difference between normal group and anterior & posterior rupture group in the shape of supraspinatus muscle according to location of tendon tear.

**Conclusion:** From the result, we draw the conclusion that the size of supraspinatus tear was most important factor associated with the atrophy of the muscle. And we were able to prove that the location of the supraspinatus tendon tear dose not affect the atrophy pattern of supraspinatus muscle

**Key words:** Rotator cuff, Supraspinatus, Muscle atrophy, Three dimensional analysis

## 1. 서론

회전근 개는 극상건, 극하건, 견갑하건, 소원건으로 이루어져 있고(Fig. 1), 이 회전근 개 손상은 견관절의 가장 흔한 손상 중 하나로, 그 발생 빈도는 60대 이상의 환자에서 54%에 해당한다.<sup>1,2)</sup> 많은 저자들이 언급하듯, 회전근 개 파열은 지방 변성과 회전근 개의 근위축을 유발할 수 있고,<sup>3,4)</sup> 근위축과 지방 변성은 추후 기능적인 결과와 근 강도와 같은 인자들에 영향을 미치므로, 회전근 개 봉합술 이후 기능적인 결과를 예측하는데 유용할 수 있다.<sup>5-7)</sup> 회전근 개의 지방 변성은 회전근 개 파열의 중요한 합병증으로 지방 변성이 있는 경우, 정상인에 비해서 수술 후 재파열의 가능성이 높고 기능적인 결과가 좋지 않은 것으로 알려져 있다.<sup>8,9)</sup> 그러나 회전근 개 파열의 크기와 회전근 개의 위축의 관련성에 대해서는 충분한 연구가 이루어 지지 않았고 최근 회전근 개의 파열의 중요한 예후 인자로 근위축에 대한 관심이 대두되어 치료 방법을 결정하는데 있어 중요 인자로 생각되고 있으며, 근위축에 대한 연구도 다양하게 진행되고 평가되고 있다.<sup>10-12)</sup>

저자는 이에 회전근 개 파열과 그에 따른 근위축에 대한 분석을 위해 회전근 개 손상 중 가장 빈번하게 발생하는 극상건에 대하여 연구를 시행하였다.<sup>13,14)</sup> 극상건 파열 크기와 위치가 근육의 위축에 미치는 영향을 연구함으로써 환자들의 수술적 치료와 예후 판정에 도움을 주고자 본 연구를 시행하게 되었다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

2012년 1월부터 2013년 12월까지 본원에서 극상근 단독 파열로 진단되어 봉합술을 시행하여 수술 소견 상 전층 파열이 확진된 총 81예를 대상으로 하였다. 자기공명영상으로 극상근 위축을 평가하기에 적절한지 않은 환자를 제외한 30예를 대상으로 후향적 연구를 시행하였다. 남녀는 각각 17명, 13명이었으며 평균 연령은 59세(41-77)였다.

### 2. 파열 크기 및 형태의 측정

극상근 파열의 크기 측정은 견관절 자기 공명 영상[Avanto MRI 1.5 T (Siemens®, Erlangen, Germany)], T2 강조 영상의 시상사면에서 극상근 파열의 최대 전후방 직경(길이, length)을 측정하였으며, 파열의 크기가 상완 골두의 첨도(convexity)로 인해 하나의 직선으로 측정하기에 지나치게 큰 경우에는 하나 이상의 직선을 상완 골두의 외형을 따라 그린 후 그 합을 파열 크기로 하였다. 크기는 의료영상저장전송 시스템 상의 길이 측정법을 이용하였으며 밀리미터(mm) 단위로 측정하였고(Fig. 2) 파열의 형태에 따른 분류는 극상근의 상완 골두 부착 부위를 정중선으로 나누어 각각 전방파열, 후방파열로, 이 둘을 모두 포함하면 전후방파열로 분류하였다(Fig. 3).

### 3. 위축 정도 및 형태의 평가

극상근 부피 및 형태 평가를 위해 Mimics® 17.0 (Materialise®, Louvain, Belgium) 프로그램을 사용하였고, 이를 통하여 각각 시상면, 관상면,

축상면으로부터 이미지를 3D로 재구성하여 극상근의 부피를 확인하였다. 위축의 정도를 평가하기 위하여 MRI의 시상사면에서 골의 윤곽을 따라 위축 이전의 극상근에 해당하는 부피를 구하여 비율을 구하고 이를 극상근의 위축도라 하였다(Fig. 4).

극상근의 위축 형태를 분석하기 위해 3D 이미지를 8개의 섹션으로 나누고 각각의 단면적을 구하였고(Fig. 5), 각각 전방파열, 후방파열, 전후방파열군에서의 평균적인 모델을 추출하였다(Fig. 6).

#### 4. 통계적 분석

통계 분석 프로그램은 SPSS Statistics 21.0 version(IBM®, Armonk, NY, USA)을 사용하였고 자기 공명 영상의 극상근 파일 크기와 Mimics® 17.0 (Materialise®, Louvain, Belgium) 프로그램상의 극상근 위축 정도의 상관 관계를 비교하기 위하여 단순 상관 분석을 시행하였고 추가적으로 연령, 성별, 이환 기간에 따른 극상근 파일 및 극상근 위축 정도의 관계도 단순 상관 분석을 시행하였다. 또한 극상근 파일 부위와 극상근 위축 형태를 분석하기 위하여 3D 이미지의 8개의 섹션의 단면적을 변수로 설정하여 반복 측정 분산분석을 시행하였다. 통계학적 유의 수준은 p값이 0.05 이하인 경우로 하였다.

### III. 결과

평균 연령 59세(41-77)의 30명(남자 17명, 여자 13명)의 회전근 개는 수술적 처치를 시행하였고 모든 환자군에서 회전근 개의 완전한 봉합을 시행하였다.

극상건 파열 크기의 평균값은 14.53mm(7.38-20.04) 이었고 3D로 재구성한 극상근 부피의 평균값은 9760.97mm<sup>3</sup>(3247.12-17646.01) 였으며, 각각 극상건의 파열 크기를 외과목의 길이로 나누어 표준화하고 극상근의 위축도 간의 단순 상관 분석 상에서 반비례 관계를 보였다( $p < 0.05$ ). 즉, 극상건 파열의 크기가 커질수록 극상근의 위축 정도 또한 심해지는 양상을 보였다(Fig. 7).

성별에 대한 극상건의 파열 및 극상근 위축 정도는 연관이 없었고 연령이 증가할수록 극상근의 부피는 감소하는, 위축의 정도는 심해지는 반비례 관계를 보였다( $p < 0.05$ )(Fig. 8) 연령과 극상건의 파열 크기는 통계학적으로 유의하지는 않았으나 이 둘을 비교한 산점도에서 전체적으로 비례 관계의 추세를 보였다( $p > 0.05$ )(Fig. 9). 또한 수술적 처치가 이루어지기 전까지의 이환 기간과 극상근의 부피는 특별한 연관 관계를 보이지 않았고( $p > 0.05$ )(Fig. 10) 산점도 상에서 이환 기간이 길어질수록 극상건 파열의 크기가 증가하는 경향을 보였으나 통계학적 유의성은 없었다( $p > 0.05$ )(Fig. 11).

극상건 파열 부위에 따라 전방파열 10명, 후방 파열 10명, 완전파열 10명으로 나뉘었고, 근위축 형태는 반복 측정 분산 분석에서 정상군과 전파열군에서 유의한 차이를 보였고( $p < 0.05$ ), 8섹션의 모든 구역에서 극상근 위축 경향을 보였다. 나머지 군들간에서 유의한 차이를 보이지 않았지만( $p > 0.05$ ) 섹션 4 에서 전방파열 및 후방파열군에서 국소적인 극상근 위축의 경향을 보였다(Table 2)(Fig. 12).



## IV. 고찰

극상근은 회전근 개의 중요한 구성요소이고 정상적인 견관절 기능을 위해 매우 중요하다.<sup>15)</sup> 많은 저자들이 회전근 개의 봉합술 이후 가장 중요한 예후 인자로 회전근의 위축을 말한다.<sup>8, 16-18)</sup> 회전근 개의 위축의 중요한 원인 중 하나는 회전근의 파열이며, 위축의 정도는 파열의 크기, 나이, 불용의 정도와 연관되며 이는 견관절의 기능 저하와 관련된다.<sup>10-12)</sup> 따라서 저자는 Mimics 프로그램을 이용하여 극상근을 3D로 재구성하여 그 부피를 측정하고 위축 형태를 평가하고 극상근 파열의 크기 및 위치와의 연관성을 분석하였다.

Zanetti 등<sup>12)</sup>의 연구 결과에 따르면 회전근 개 파열 환자의 극상근의 단면적이 정상인에 비해 유의하게 낮았고, 회전근 개의 파열이 없는 정상인에 있어서는 극상근이 위축되어 있음을 의미하는 tangent sign 양성률이 10%, 전층 회전근 개 파열의 크기가 4cm 이하인 경우는 40%, 4cm 이상인 경우는 90%로 파열이 있는 군에서, 그리고 파열이 큰 군에서 tangent sign 양성률이 높았다(Fig. 13). Nakagaki 등<sup>11)</sup>의 연구에서도 회전근 개 파열의 크기가 클수록 극상근이 더욱 위축된 소견을 보이는 것으로 보고되었으며, Bjorkenheim 과 Goutallier 등의 연구에서 전층 회전근 개 파열 환자군에서 근위축과 유의한 상관 관계를 가지는 요소로는 파열의 크기가 보고된 바 있다.<sup>11, 12, 19, 20)</sup> 본 연구에서도 극상근 파열의 크기가 커질수록 극상근의 위축 정도 또한 심해지는 양상을 보였다( $p < 0.05$ ).

전층 회전근 개 파열 환자군에서 증상의 이환 기간이 길수록 극상근 위축이 잘 발생하고 그 정도도 심한 것으로 알려져 있지만,<sup>19, 21)</sup> 본 연구에서는 증상의 이환 기간과 극상근의 위축 정도는 특별한 연관 관계를 보이지 않았다. Nakagaki 등<sup>11)</sup>의 연구결과에서도 술전 이환 기간과 극상근 위축 사이에 유의한 상관관계가

성립되지 않았는데, 그들은 이를 회전근 개 파열 후에 증상이 없거나 경미한 경우에 이환 기간을 명확히 찾아 내지 못하였기 때문에 추정하였으며, 본 연구에서도 비슷한 문제점이 있었을 것으로 판단된다.

추가적으로 시행한 극상근 파열환자에서 연령과 극상근 위축은 비례관계를 보였고 이는 Tempelhof 등<sup>22)</sup>의 연구와 일치하는 결과를 보였으며, 고령에서의 회전근 개 파열은 흔히 만성적으로 오고 일반적으로 급성 외상이 아닌 퇴행성 변화에 기인하며, 이로 인해 극상근 위축이 동반될 가능성이 높을 것으로 생각된다. 따라서 고령의 환자에서 극상근 파열의 크기가 크고 이환 기간이 길 경우 심한 극상근 위축이 동반될 가능성이 높을 것으로 추정할 수 있다.

극상근의 파열 부위와 근위축과의 관계를 분석한 결과 정상군과 완전파열군 간에서만 유의한 차이를 보였고 다른 군들에서는 특별한 연관 관계를 보이지 않았다. 하지만 그래프와 3D 이미지 상에서 파열 부위에 따른 국소적인 근위축 경향을 보였다. 통계학적으로 의미 있는 결과가 나오지 않은 이유는 전체 표본수가 너무 적었기 때문이며, 추후 더 많은 환자군으로 부터 유의한 결과를 도출해 낼 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 극상근 위축 형태와 임상적인 증상과의 연관성을 확인하지 못하였고 환자-대조군 연구를 통한 후향적으로 이루어진 연구로 면밀한 임상적 정보를 얻기 어려웠다는 점이다.

본 연구의 의미는 현재까지 극상근의 파열과 근위축에 관련된 문헌은 많이 연구되고, 발표되고 있으나 근위축의 형태 분석에 대한 연구가 보고되어 있지 않은 상태로, Mimics® ver. 17 (Intel X64 platform III+) 프로그램을 이용하여 극상근을 3D로 재구성하여 그 부피를 측정하고 위축 형태를 평가하고 극상근 파열의 크기 및 위치와의 연관성을 새로운 기법으로 접근하였다는 점이다. 이를

발판으로 하여 더욱 더 많은 표본으로 다각도에서 추가적인 연구가 시행될 수 있을 것이라 생각된다.

## V. 결론

본 연구는 그 동안 알려진 근상근 위축의 요인으로써 이환기간과 극상건 파열의 크기와 의 상관 관계를 평가하였다. 그 결과 극상건 파열의 크기가 더욱 중요한 요인임을 발견하였다. 그러나 파열된 극상건의 위치와 이에 따른 극상근의 위축 형태는 특별한 관계를 보이지 않았다.

## 참고문헌

1. Tingart MJ, Apreleva M, Lehtinen JT, Capell B, Palmer WE, Warner JJ. Magnetic resonance imaging in quantitative analysis of rotator cuff muscle volume. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;415:104-10.
2. 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.
3. Thomazeau H, Boukobza E, Morcet N, Chaperon J, Langlais F. Prediction of rotator cuff repair results by magnetic resonance imaging. *Clin Orthop Relat Res.* 1997;344:275-83.
4. Thomazeau H, Rolland Y, Lucas C, Duval JM, Langlais F. Atrophy of the supraspinatus belly. Assessment by MRI in 55 patients with rotator cuff pathology. *Acta Orthop Scand.* 1996;67:264-8.
5. Gazielly DF, Gleyze P, Montagnon C. Functional and anatomical results after rotator cuff repair. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;304:43-53.
6. 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.
7. Iannotti JP, Zlatkin MB, Esterhai JL, Kressel HY, Dalinka MK, Spindler KP. Magnetic resonance imaging of the shoulder. Sensitivity, specificity, and predictive value. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73:17-29.
8. Gladstone JN, Bishop JY, Lo IK, Flatow EL. Fatty infiltration and atrophy of the rotator cuff do not improve after rotator cuff repair and correlate

with poor functional outcome. *Am J Sports Med.* 2007;35:719-28.

9. Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC. Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;304:78-83.

10. Buirski G. Magnetic resonance imaging in acute and chronic rotator cuff tears. *Skeletal Radiol.* 1990;19:109-11.

11. Nakagaki K, Ozaki J, Tomita Y, Tamai S. Alterations in the supraspinatus muscle belly with rotator cuff tearing: Evaluation with magnetic resonance imaging. *J Shoulder Elbow Surg.* 1994;3:88-93.

12. Zanetti M, Gerber C, Hodler J. Quantitative assessment of the muscles of the rotator cuff with magnetic resonance imaging. *Invest Radiol.* 1998;33:163-70.

13. Harryman DT, 2nd, Mack LA, Wang KY, Jackins SE, Richardson ML, Matsen FA, 3rd. Repairs of the rotator cuff. Correlation of functional results with integrity of the cuff. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73:982-9.

14. Ward SR, Hentzen ER, Smallwood LH, et al. Rotator cuff muscle architecture: implications for glenohumeral stability. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;448:157-63.

15. Burke WS, Vangsness CT, Powers CM. Strengthening the supraspinatus: a clinical and biomechanical review. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;402:292-8.

16. Goutallier D, Postel JM, Gleyze P, Leguilloux P, Van Driessche S. Influence of cuff muscle fatty degeneration on anatomic and functional outcomes after simple suture of full-thickness tears. *J Shoulder Elbow Surg.*

2003;12:550-4.

17. Melis B, DeFranco MJ, Chuinard C, Walch G. Natural history of fatty infiltration and atrophy of the supraspinatus muscle in rotator cuff tears.

Clin Orthop Relat Res. 2010;468:1498-505.

18. Mellado JM, Calmet J, Olona M, et al. Surgically repaired massive rotator cuff tears: MRI of tendon integrity, muscle fatty degeneration, and muscle atrophy correlated with intraoperative and clinical findings. AJR Am J Roentgenol. 2005;184:1456-63.

19. Bjorkenheim JM. Structure and function of the rabbit's supraspinatus muscle after resection of its tendon. Acta Orthop Scand. 1989;60:461-3.

20. Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC. Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. Clin Orthop Relat Res. 1994:78-83.

21. Tuoheti Y, Itoi E, Minagawa H, et al. Quantitative assessment of thinning of the subscapularis tendon in recurrent anterior dislocation of the shoulder by use of magnetic resonance imaging. J Shoulder Elbow Surg. 2005;14:11-5.

22. Tempelhof S, Rupp S, Seil R. Age-related prevalence of rotator cuff tears in asymptomatic shoulders. J Shoulder Elbow Surg. 1999;8:296-9.

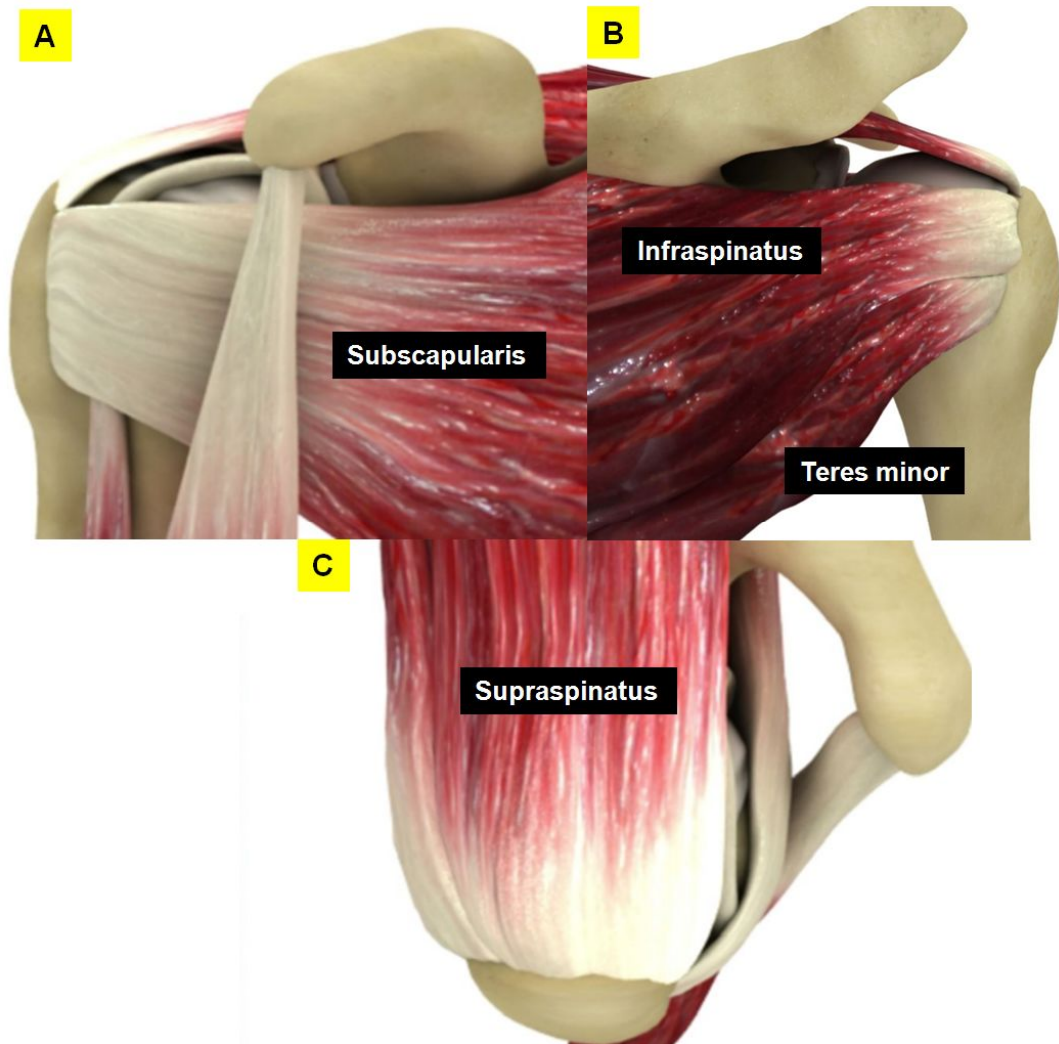
Table 1. Results of Repeated Measures ANOVA\* Test on Sectional Volume between Group

Multiple Comparisons			
		Mean difference	Sig.**
Anterior	Normal	-2.562	0.177
Tear	Posterior	0.421	0.999
	Total	3.451	0.542
Normal	Anterior	2.562	0.177
Tear	Posterior	3.377	0.687
	Total	6.195	<b>0.04</b>
Posterior	Anterior	-0.421	0.999
Tear	Normal	-3.377	0.687
	Total	2.147	0.479
Total	Anterior	-3.451	0.542
Tear	Normal	-6.195	<b>0.04</b>
	posterior	-2.147	0.479

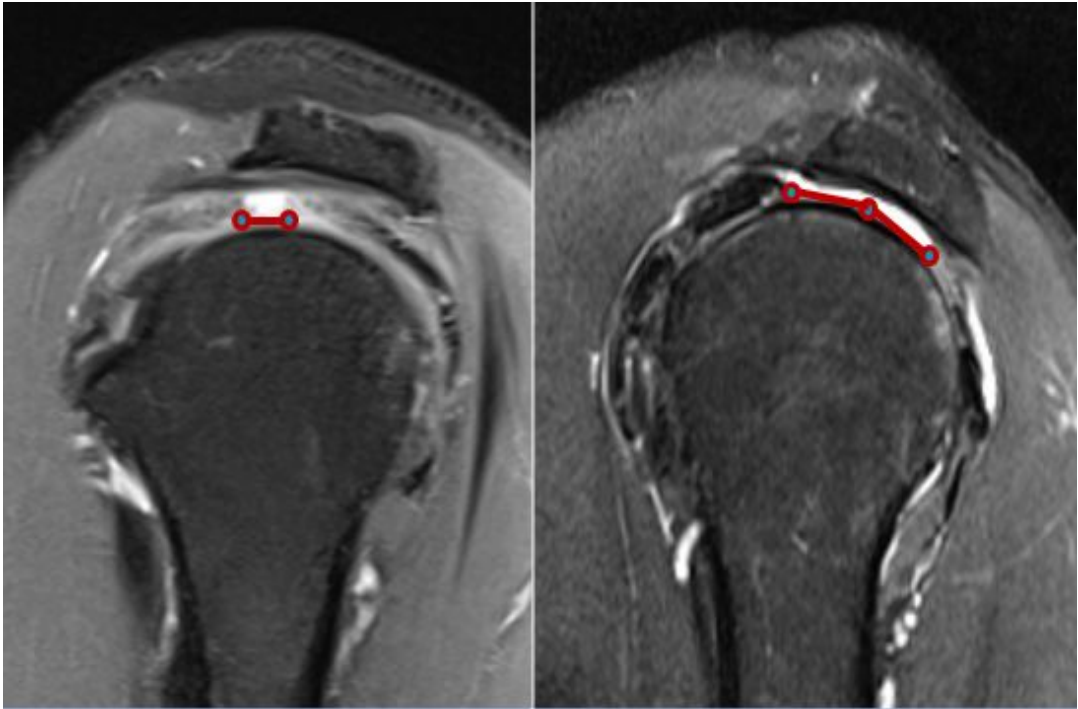
\*ANOVA : analysis of variance

\*\*Sig. : significant level

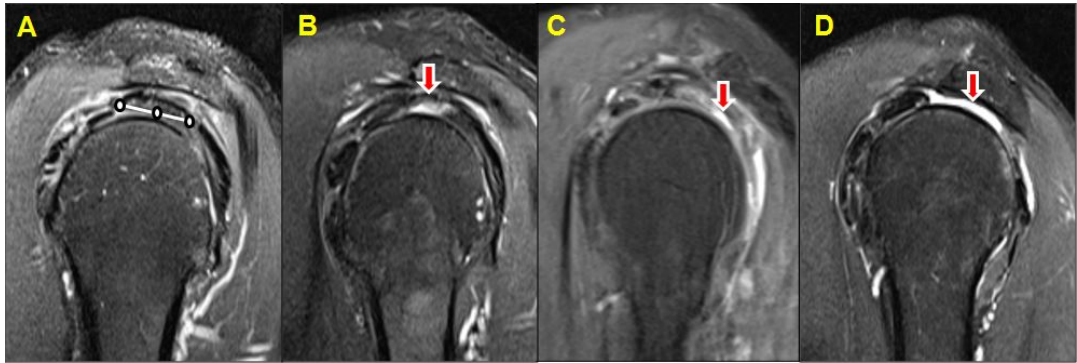




**Figure 1.** 3D reconstruction image of muscles of the rotator cuff. It composed of supraspinatus muscle, infraspinatus muscle, subscapularis muscle and teres minor muscle. (A) Anterior view, (B) Posterior view, (C) Superior view

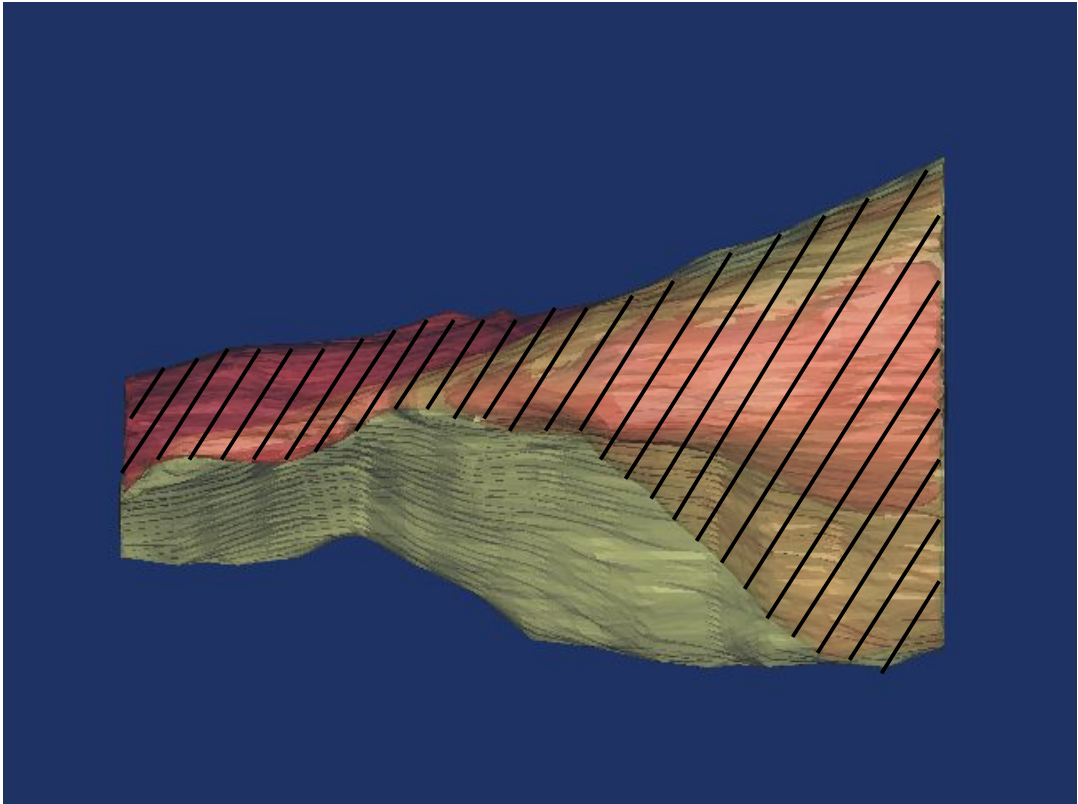


**Figure 2.** Measurement of tear size on magnetic resonance image(MRI). Tear size was calculated on picture archiving and communication system(PACs). Marked line is size of the supraspinatus tear

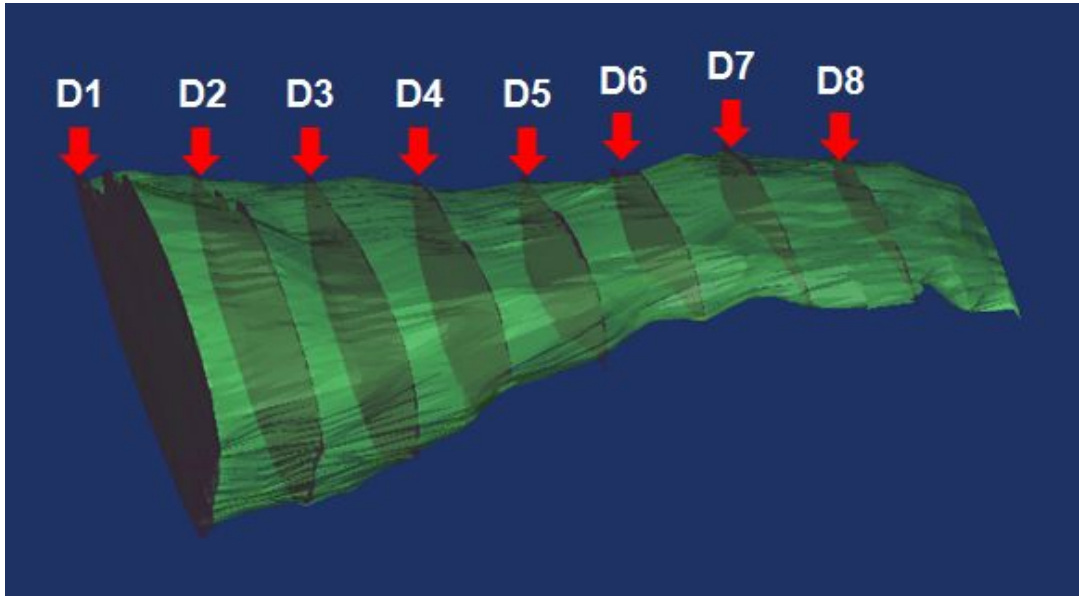


**Figure 3.** Measurement of tear location on magnetic resonance image(MRI).

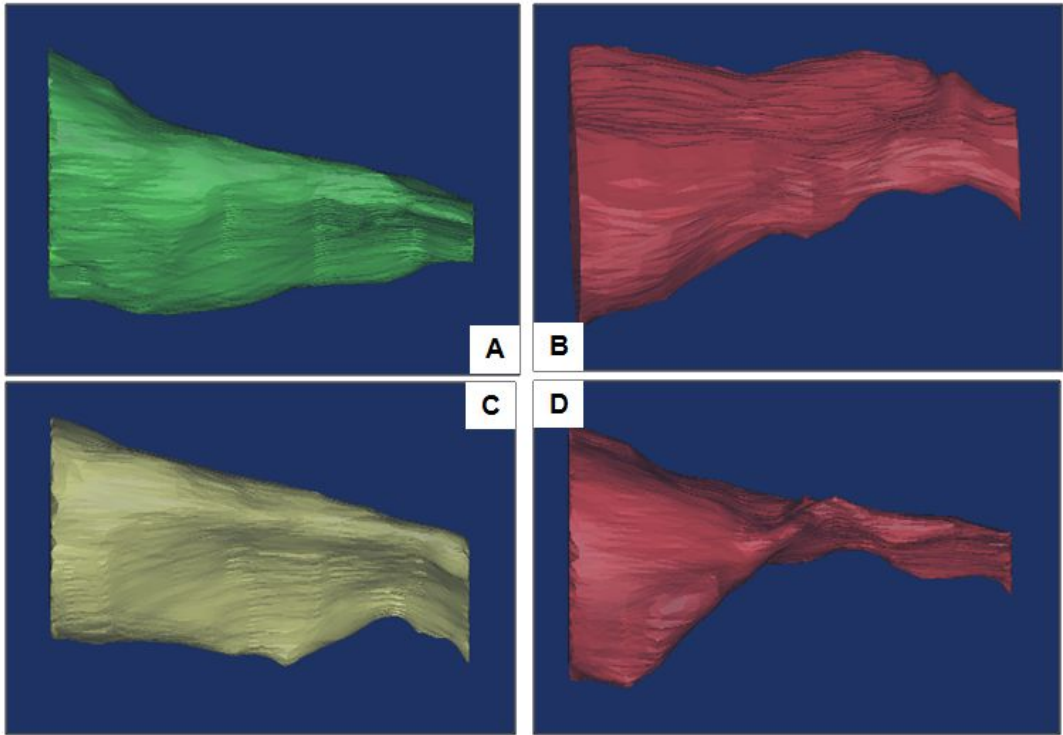
(A) Supraspinatus tendon insertion site was divided in half (B) anterior tear (C) posterior tear (D) anterior & posterior tear.



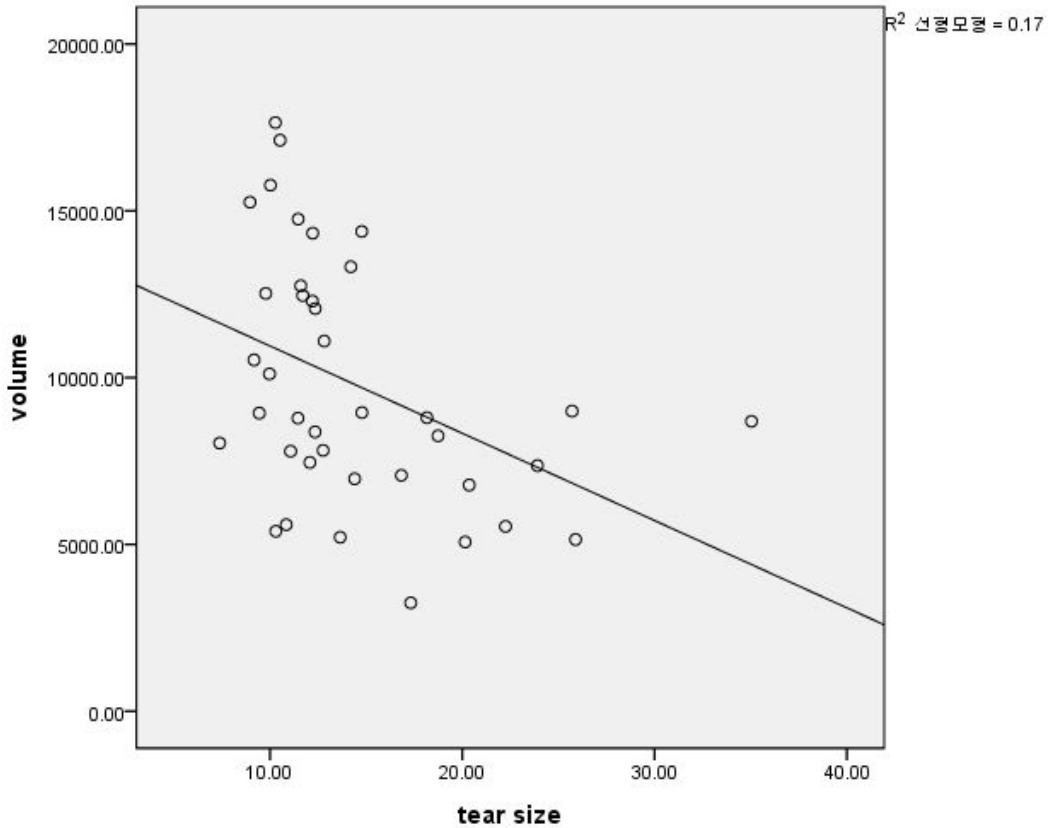
**Figure 4.** 3D reconstruction model of supraspinatus muscle be made by Mimics® 17.0 (Materialise®, Louvain, Belgium) program. The region filled with oblique lines shows affected supraspinatus muscle. Atrophic ratio was expressed as the ratio of normal and affected supraspinatus muscle.



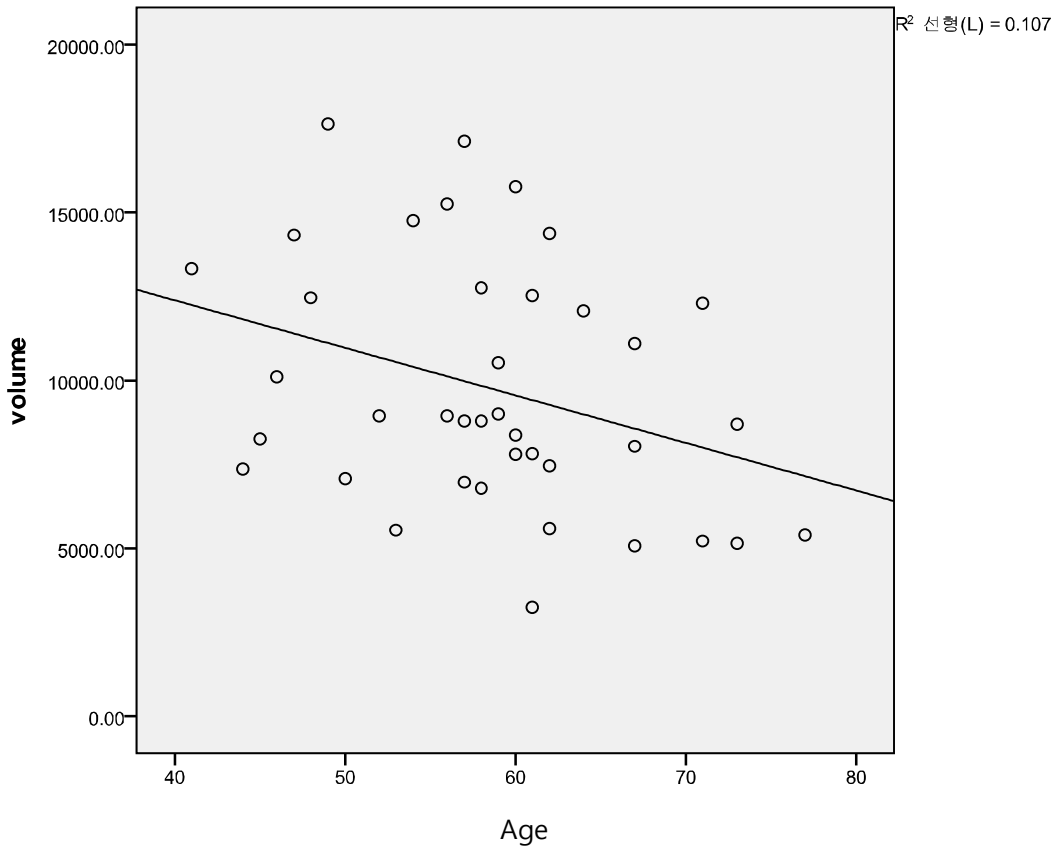
**Figure 5.** 3D reconstruction model of supraspinatus muscle be made by Mimics® 17.0 (Materialise®, Louvain, Belgium) program. A 3D model are divided to 8 segments by same interval. And each cross-section of 8 segments are used for comparing.



**Figure 6.** 3D reconstruction model of average shape from Mimics® 17.0 (Materialise®, Louvain, Belgium). (A) Normal shape, (B) Anterior tear, (C) Posterior tear, (D) Anterior & posterior tear

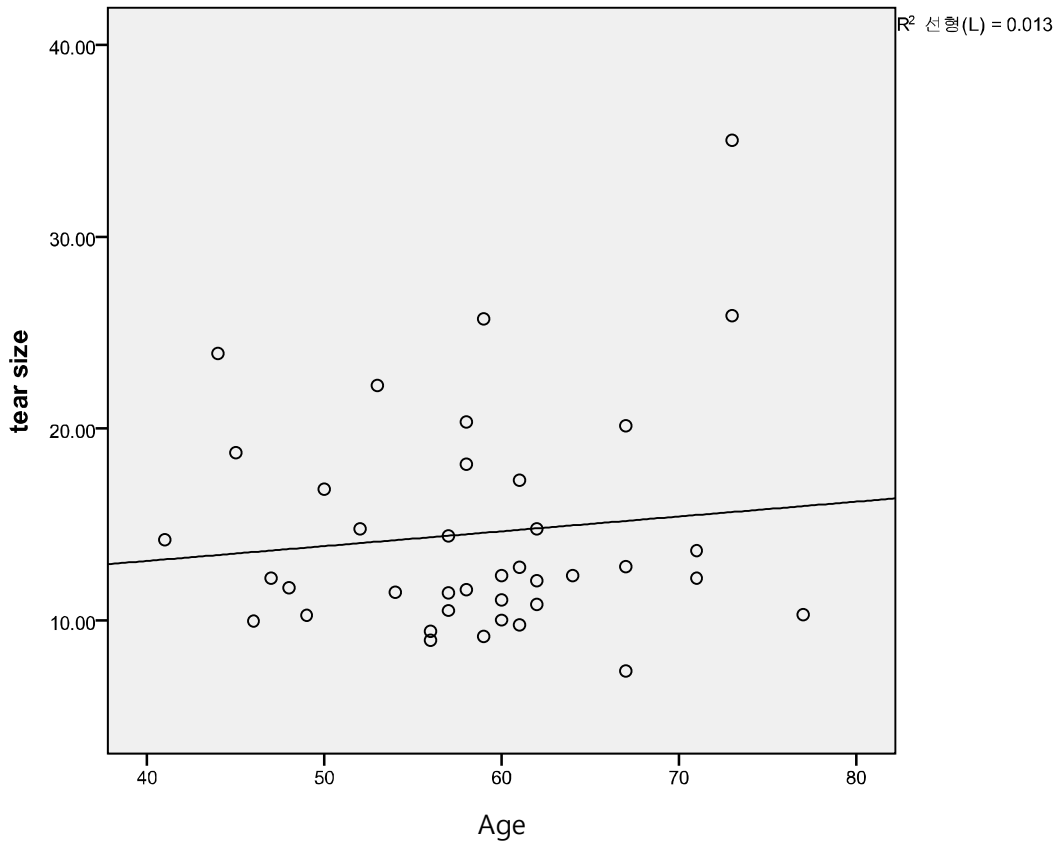


**Figure 7.** Scatter plot of supraspinatus tendon tear size and muscle volume. Supraspinatus tendon tear size and muscle volume are inversely proportional. It means that the larger the tear size, the larger the atrophy of supraspinatus muscle.

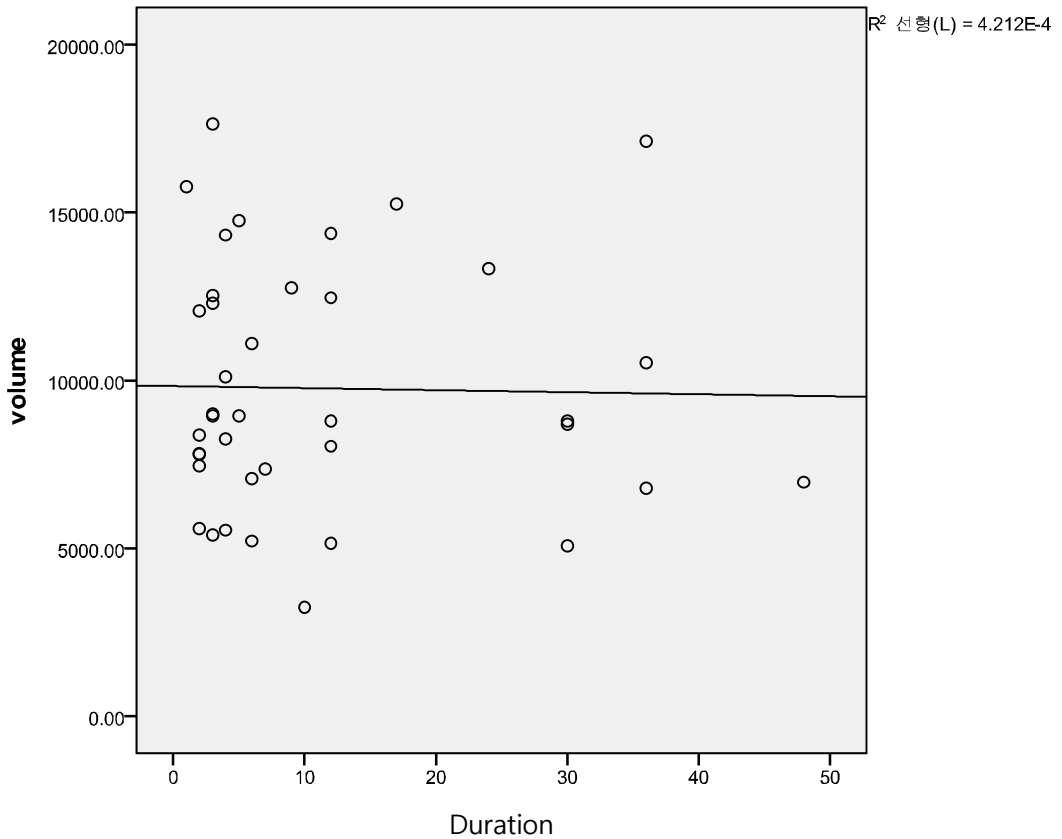


**Figure 8.** Scatter plot of age and supraspinatus muscle volume. Age and muscle volume are inversely proportional. It means that the older the age, the larger the atrophy of supraspinatus muscle.

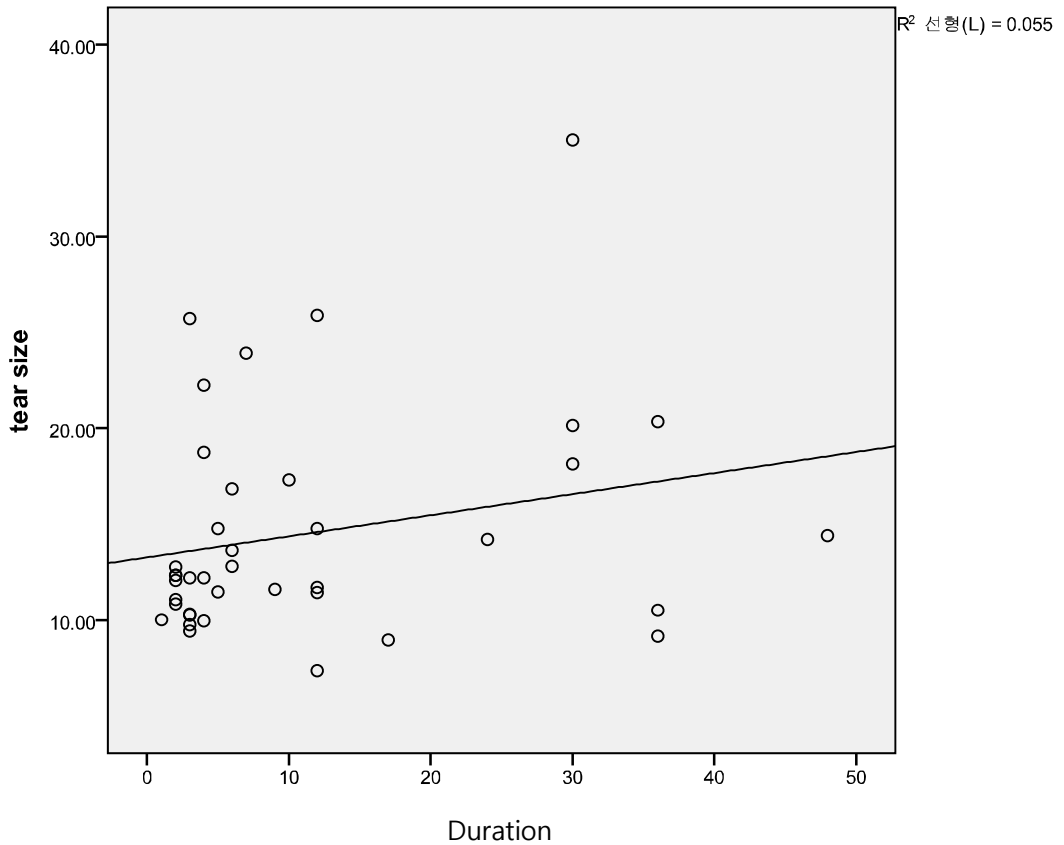




**Figure 9.** Scatter plot of supraspinatus tendon tear size and age. Age and muscle volume are proportional. It means that the older the age, the larger the size of the supraspinatus tendon tear.



**Figure 10.** Scatter plot of supraspinatus muscle volume and the time to operation(duration). There is no significant correlation on supraspinatus muscle volume and the duration.



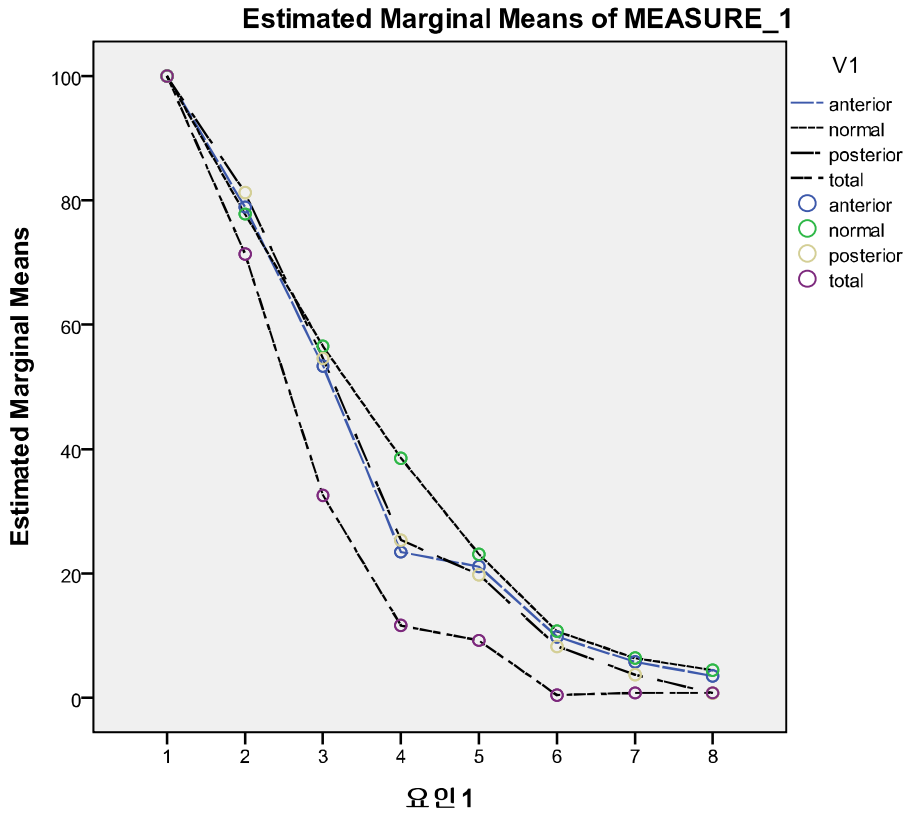
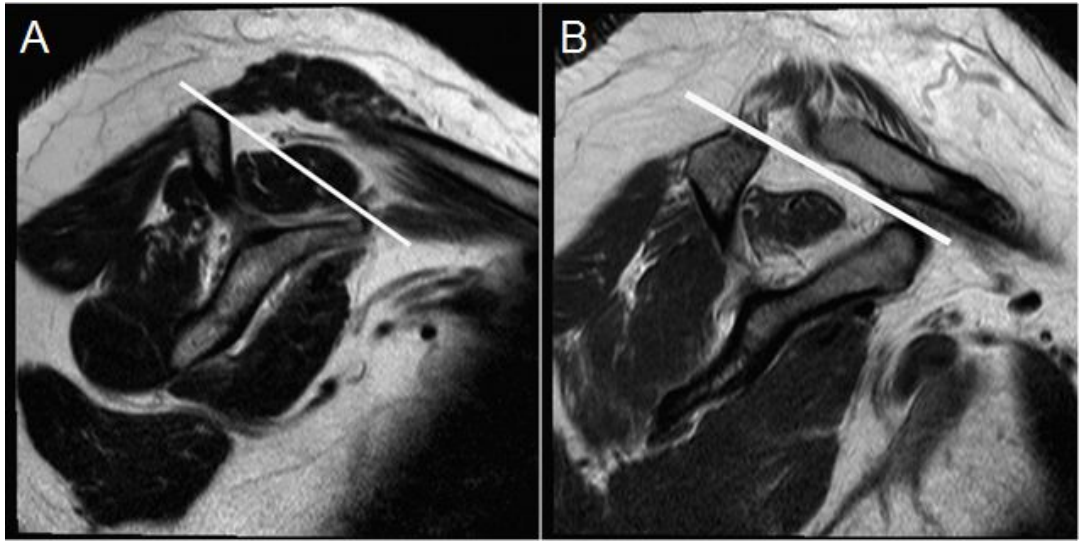


Figure 12. Repeated measures ANOVA test on the sectional volume between group.



**Figure 13.** Example of tangent sign on T2 weighted sagittal cut on MRI. (A) negative(normal) (B) positive(significant atrophy).