

극상근 지방변성에서 탄성초음파의 정확도: 정량적 분석을 통한 자기공명영상 소견과의 비교연구

서중배[✉] • 유재성 • 류지원

단국대학교 의과대학 정형외과학교실

The Accuracy of Sonoelastography in a Fatty Degeneration of Supraspinatus: A Comparison with Magnetic Resonance Images through Quantitative Assessment

Joong-Bae Seo, M.D., Ph.D.[✉], Jae-Sung Yoo, M.D., and Jee-Won Ryu, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Dankook University Medical College, Cheonan, Korea

Purpose: Using magnetic resonance imaging (MRI) as the standard of reference, the purpose of this study was to evaluate the accuracy of sonoelastography (SE) for assessment of fatty degeneration of supraspinatus (SSP).

Materials and Methods: A retrospective analysis was conducted in 131 shoulders of 126 consecutive patients who underwent shoulder MRI, and SE. Oblique sagittal images of SSP were obtained using SE; the SE images were evaluated by two orthopedic surgeons using a 256 degree color map image.

Results: When the supraspinatus fatty degenerations were based on MRI findings, the sensitivity of SE was 89.47%, specificity 92.85%, and accuracy 91.60%. The interobserver reliability of the SE findings was 'almost perfect agreement' with a weighted kappa coefficient of 0.81. By comparison of MRI with the SE findings, the grades of MRI and SE showed positive correlation ($r=0.85$, $p<0.001$). In addition, the occupation ratio and blue region area ratio also showed positive correlation ($r=0.69$, $p<0.001$).

Conclusion: SE is valuable in quantitative assessment of the severity of fatty atrophy of the supraspinatus and has excellent accuracy, excellent correlation with MRI and conventional ultrasonography, and excellent interobserver reliability.

Key words: supraspinatus, fatty degeneration, ultrasonography, sonoelastography

서 론

회전근개 파열환자에서 회전근개의 지방변성은 중요한 예후 지표이며 회전근개 봉합술 후 기능회복과 밀접한 관련이 있다.^{1,2)} Melis 등³⁾은 만족스러운 술 후 결과를 기대하기 위해 지방변성이 진행하기 전에 회전근개 봉합술을 시행해야 한다고 하였다. 초기

에서는 컴퓨터 단층 촬영을 이용하여 회전근개의 지방변성 정도를 평가하였으나,⁴⁾ 최근에는 자기공명영상이 지방변성평가에 가장 적절한 방법으로 보고되고 있다.^{5,6)}

견관절의 병변 평가에 있어서 많은 저자들이 자기공명영상이 가장 정확한 평가방법이라고 보고하고 있지만 숙련된 검사자에 의한 초음파검사 역시 견관절 병변의 진단에 높은 정확도를 보이고 있다.^{7,8)} 그러나 Strobel 등⁹⁾은 초음파를 통한 극상근의 지방변성평가에 대한 정확도는 72%~75%로 높지 않다고 보고한 바 있다.

최근 초음파영상은 해부적 영상을 얻는 데 그치지 않고 발전하고 있으며 탄성초음파는 조직의 탄성도를 구분하여 평가할 수 있

Received December 10, 2013 Revised December 28, 2013

Accepted January 16, 2014

[✉]Correspondence to: Joong-Bae Seo, M.D., Ph.D.

Department of Orthopedic Surgery, Dankook University Medical College, 119 Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan 330-715, Korea

TEL: +82-41-550-3060 FAX: +82-41-556-3238 E-mail: idbabe@naver.com

는 새로운 초음파 기법 중 하나이다.¹⁰⁻¹²⁾ 탄성초음파는 조직탄성의 재조합을 이용한 검사법으로 외부의 힘이 가해질 때 조직의 변형이나 왜곡을 반영하는 기계적인 성질을 이용하는 방법이다. 정상조직과 병적조직은 단단한 정도의 차이가 있고 이러한 조직의 단단함 정도에 따른 탄성의 차이를 영상화한 것이 탄성영상으로 조직의 탄성도의 차이를 색깔이나 수치로 나타냄으로써 조직의 특성의 차이를 보여주는 방법이다.^{10,12,13)}

저자들은 극상근의 지방변성평가에 있어 탄성초음파와 소견이 자기공명영상 소견과 연관성이 있을 것으로 생각하여 본 연구에서 자기공명영상을 기준으로 하여 탄성초음파의 극상근 지방변성 정도를 정량적으로 비교 분석하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

Institutional review board (IRB) 승인(단국대학교병원, 2013-07-008) 후, 2013년 1월부터 2013년 11월까지 견관절 자기공명영상 촬영과 탄성초음파를 시행하였던 126명(131예)의 견관절을 대상으로 후향적으로 평가하였다. 남자 76명, 여자 55명이었고, 평균 연령은 53.9세(23-76세)였다. 79예는 우측 견관절, 52예는 좌측 견관절이었으며, 83예는 우세수지, 48예는 비우세수지였다. 56예는 회전근개 전층파열, 49예는 회전근개 부분층파열, 11예는 회전근개 건염, 8예는 유착성 관절낭염, 4예는 석회화 건염, 3예는 관절 외손 파열이었다.

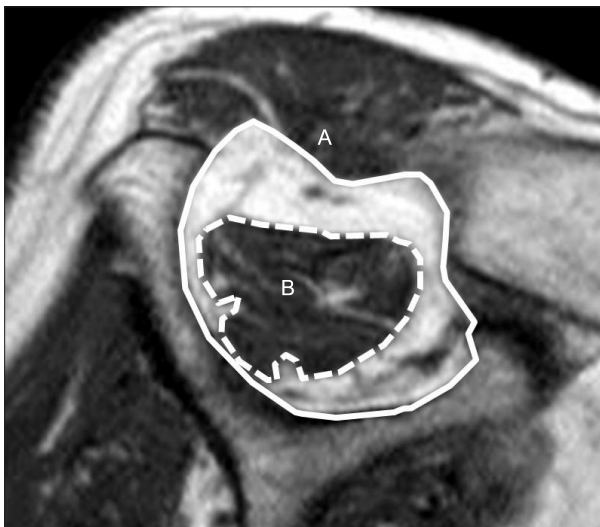


Figure 1. T1-weighted oblique sagittal magnetic resonance image shows the method of calculation of the occupation ratio of supraspinatus muscle. Occupation ratio=actual occupied area (B)/estimated anatomical area (A) $\times 100$. Solid lines indicate suprascapular fossa. Dotted lines indicate supraspinatus.

2. 방사선적 평가

자기공명영상은 외부에서 촬영된 영상은 대상에서 제외하였으며 단국대학교병원의 프로토콜을 통하여 통일된 방법으로 시행하였다. 지방변성 정도는 사위 시상(oblique sagittal) T1 강조영상을 사용하였으며, 지방변성을 일관된 영상에서 평가하기 위해 사위 시상 영상 중에서 견갑극이 견갑골의 체부와 만나는 부위가 포함된 영상을 사용하였다(Scapular Y-shape).¹⁴⁾ 지방변성의 정도의 등급 평가는 Goutallier classification⁴⁾을 사용하였으며, 정량적 평가를 위해 occupation ratio (=actual occupied area/estimated anatomical area $\times 100$)¹⁵⁾를 사용하였다(Fig. 1). 자기공명영상은 근골격계 전문 영상의학과와 1인과 정형외과 전문의 1인이 각각 독립적으로 평가하였으며 두 관찰자 간 계측값의 평균값을 반올림하여 대표값으로 정하였다.

견관절 탄성초음파는 초음파 경력이 5년인 한 명의 검사자에 의해 시행되었으며 자기공명영상 시행 후 2주 이내에 시행하였다. 모든 영상은 picture archiving and communication system을 이용하여 평가되었으며, 관찰자 간 일치도를 알아보기 위해 초음파 경력이 7년인 정형외과의사와 5년인 정형외과의사가 각각 독립적으로 평가하였다.

환자를 의자에 앉힌 자세에서 검사자가 환자 뒤에서 Zanetti와 Hodler¹⁶⁾가 제시한 방법에 따라 초음파검사를 시행하였다. 극상근의 평가는 환자의 손을 동측 대퇴부에 올려 놓은 채 시행하였으며, 탐촉자를 극상근 근섬유에 수직이 되도록 위치시켜 자기공명영상의 사위 시상면과 같은 영상을 얻었다(Fig. 2).

Siemens Acuson S2000 US System[®] (Mochida Siemens Medical System, Tokyo, Japan)과 4-9 MHz 선형 탐촉자를 이용하였으며



Figure 2. Photograph shows the investigation of the supraspinatus muscle belly. The transducer was perpendicular to the central tendon of the muscle belly of the supraspinatus muscle; this plane corresponded to the oblique sagittal magnetic resonance imaging plane.

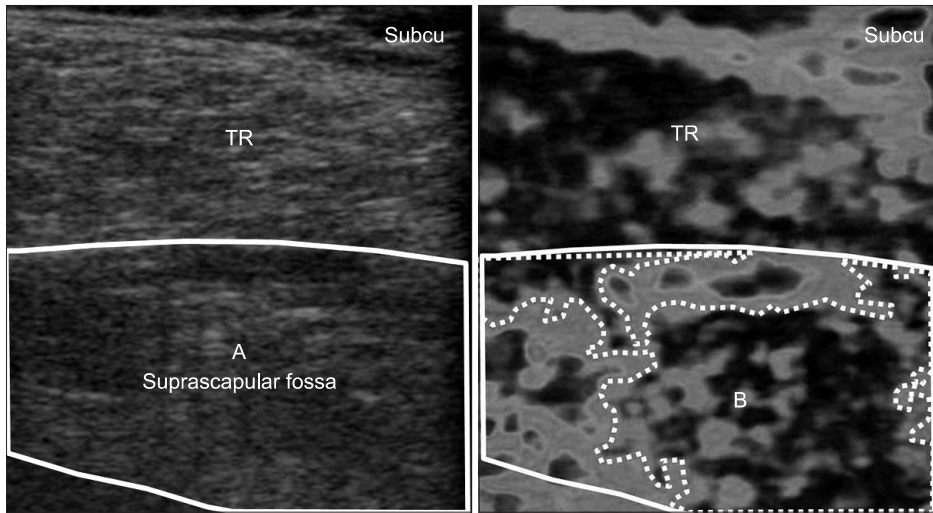


Figure 3. Blue region area ratio=total surface area of blue regions (B)/total surface area in desired region (A) $\times 100$. Solid lines indicate suprascapular fossa. Dotted lines indicate total surface area of blue regions. Subcu, subcutaneous tissue; TR, trapezius.

같은 자세, 같은 위치에서 고식적 초음파 영상과 함께 탄성초음파 소견을 얻었다.¹⁷⁾ 탄성초음파 영상은 극상근에 탐촉자를 수직으로 위치시킨 후 경도의 압박을 가하여 측정하였으며 압박정도는 초음파기계 화면에 표시되는 quality factor가 65를 기준으로 하였다. 탄성초음파 영상은 직사각형의 관심영역(region of interest)을 선택하여 압박을 가하면 외부 압력에 의한 조직의 변형도를 256단계로 표시되는 색조지도(color map) 영상으로 얻었다. 색조지도 영상은 동시에 획득하는 고식적 초음파 영상과 동시에 보여졌다. 색조지도는 적색일수록 조직의 탄성도가 높아 부드러운 것을 의미하고 청색일수록 조직의 탄성도가 낮아 단단한 것을 의미하는 것으로 설정하였다. 지방변성의 등급평가는 3등급으로 구분하여 평가하였다. 청색이 절대적으로 우세한 경우(적색 및 노란색으로 나타나는 병변이 국소적으로 나타나는 경우)를 grade 0, 청색이 상대적으로 우세한 경우(청색구역 $>50\%$)를 grade 1, 청색이 우세하지 못한 경우(청색구역 $\leq 50\%$)를 grade 2로 구분하였다. 청색에서 녹색으로 표시되는 부분을 정상조직으로 정의하였으며 적색에서 노란색으로 표시되는 부분을 병변으로 정의하였다.¹⁸⁾ 또한 정량적 분석을 위하여 blue region area ratio (BAR)=total surface area of blue regions/total surface area in suprascapular fossa $\times 100$ ¹⁹⁾을 사용하여 초음파영상을 참조하여 극상와 내부의 청색구역을 비율을 구하였다(Fig. 3). 탄성초음파 소견의 민감도, 특이도와 정확도에 대한 평가를 위하여 지방변성정도를 dichotomous scale (i.e., absence or presence of fatty infiltration)로 평가하였다.²⁰⁾ 탄성초음파 영상은 quality factor가 65일 때 연속으로 3장의 영상을 저장하여 각 영상의 평균값을 반올림한 값을 대표값으로 사용하였다.

자기공명영상에서 Goutallier grade가 0, 1인 경우와 탄성초음파 소견에서 grade 0인 경우를 'absence', Goutallier grade가 2, 3, 4인 경우와 탄성초음파 소견에서 grade 1, 2인 경우를 'presence'로 구분하였다.

Table 1. Correlation between Grade of Magnetic Resonance Image and SE Findings

Goutallier's classification	Patient (n)	Grade of SE		
		0	1	2
0	38	37	1	0
1	18	15	3	0
2	48	7	39	2
3	9	0	5	4
4	18	0	0	18
Total	131	59	48	24

SE, sonoelastography.

3. 통계적 평가

탄성초음파 소견과 자기공명영상 소견과의 연관성을 알아보기 위해 Spearman's correlation coefficient를 구하였으며, 관찰자 간 일치도를 평가하기 위해 weighted kappa coefficient를 구하였다. Kappa coefficients 값 0.00-0.20은 'slight agreement', 0.21-0.40은 'fair agreement', 0.41-0.60은 'moderate agreement', 0.61-0.80은 'substantial agreement', 그리고 0.81-1.00은 'almost perfect agreement'로 평가하였다.²¹⁾ 모든 통계 분석은 IBM SPSS Statistics version 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하였다. p값이 0.05 이하일 때 유의한 차이가 있는 것으로 간주하였다.

결 과

자기공명영상에서 극상근의 지방변성에 대한 Goutallier classification은 grade 0이 38예, grade 1이 18예, grade 2가 48예, grade 3가 9예, grade 4가 18예였으며, 관찰자 간 일치도는 almost perfect agreement (weighted kappa coefficient=0.83)이었다. 탄성초음파영상에서 극상근의 지방변성에 대한 등급은 grade 0이 61예, grade 1

이 46예, grade 2가 24예였으며, 관찰자 간 일치도는 almost perfect agreement (weighted kappa coefficient=0.81)이었다. 자기공명영상과 탄성초음파 영상의 등급의 Spearman's correlation coefficient는 0.85였다(Table 1, Fig. 4, 5)

자기공명영상에서 극상근의 occupation ratio는 Goutallier classification상 grade 0에서 평균 94.30, grade 1에서 91.65, grade 2에서 73.03, grade 3에서 46.58, grade 4에서 33.69였으며, 탄성초음파 영상에서 극상근의 BAR은 grade 0에서 평균 89.19, grade 1에서 69.17, grade 2에서 31.00였다. Occupation ratio와 BAR의 Spearman's correlation coefficient는 0.69였다(Table 2).

자기공명영상을 기준으로 한 극상근 지방변성에 대한 탄성초음파 영상의 민감도는 89.47%, 특이도는 92.85%, 그리고 정확도는 91.60%를 나타내었다(Table 3).

고 찰

회전근개의 지방변성을 평가하기 위해 여러 가지 도구들이 사용되고 있다. 최초의 Goutallier 등급을 이용한 회전근개의 지방변성을 평가한 도구는 컴퓨터 단층 촬영이지만,⁴⁾ 최근에는 자기공명영상이 회전근개의 지방변성을 평가하는 가장 정확한 방법으로

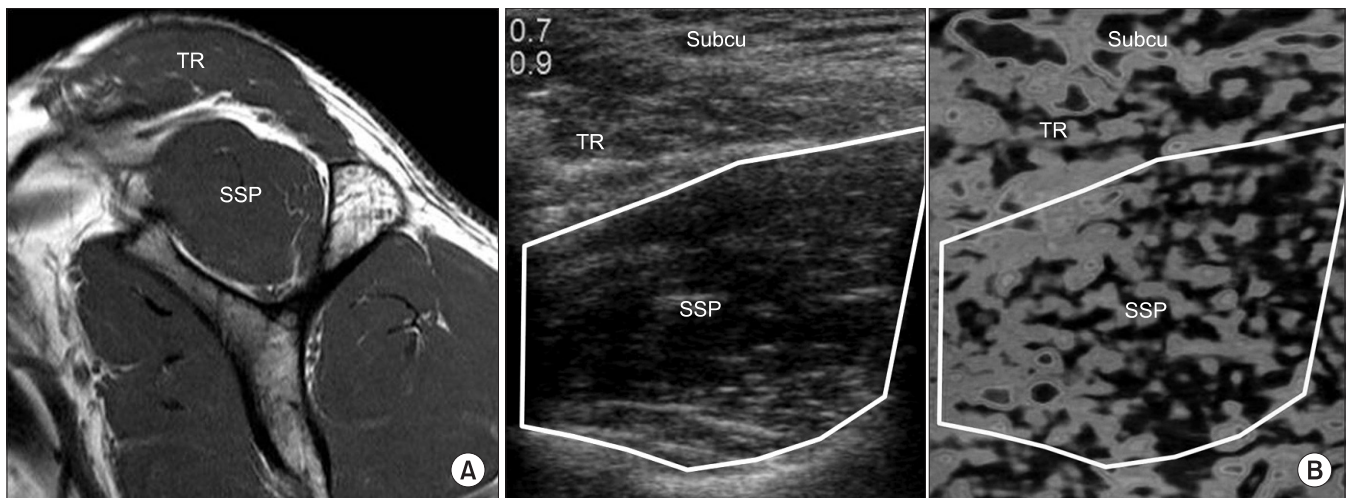


Figure 4. (A) T1-weighted oblique sagittal image of magnetic resonance images of grade 1 supraspinatus fatty degeneration shows some fatty streaks. (B) Oblique sagittal view of the sonoelasticography of grade 0 supraspinatus fatty degeneration shows an absolute dominant blue region (a few focal lesions) in the elasticity image. Solid lines indicate suprascapular fossa. Subcu, subcutaneous tissue; TR, trapezius; SSP, supraspinatus

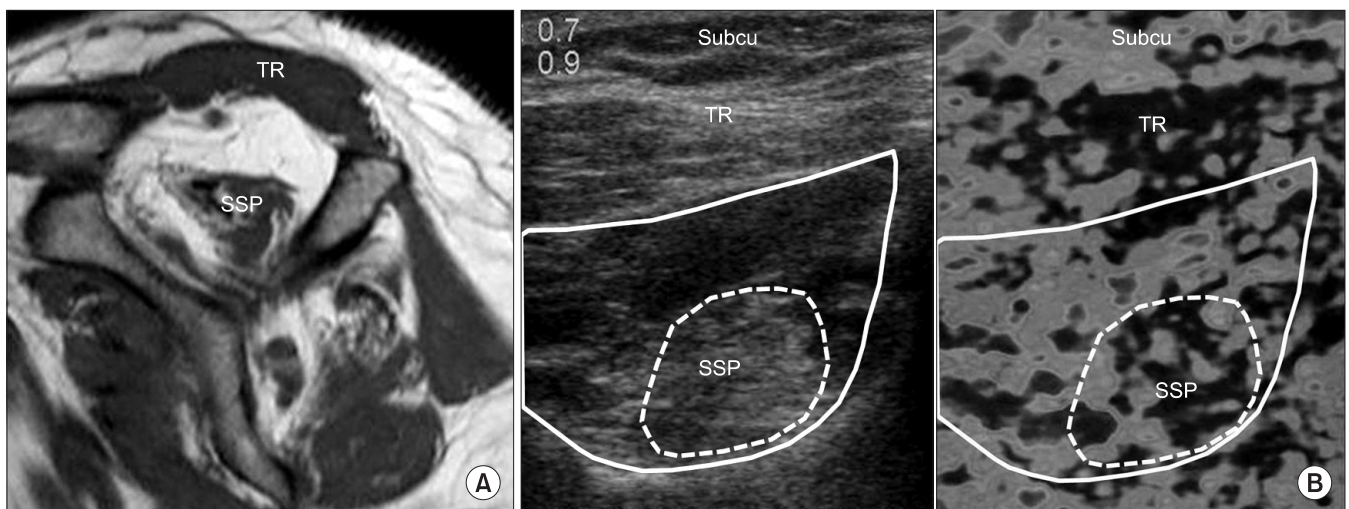


Figure 5. (A) T1-weighted oblique sagittal image of magnetic resonance images of grade 4 supraspinatus fatty degeneration shows that fat is more extensive than the muscle. (B) Oblique sagittal view of the sonoelasticography of grade 2 supraspinatus fatty degeneration shows a non-dominant blue region ($\leq 1/2$ of desired region) in the elasticity image. Solid lines indicate suprascapular fossa. Dotted lines indicate supraspinatus. Subcu, subcutaneous tissue; TR, trapezius; SSP, supraspinatus.

Table 2. Correlation between Occupation Ratio of MRI and Blue Region Area Ratio of SE Findings

MRI			SE		
Goutallier's classification	Patient (n)	Occupation ratio	Grade	Patient (n)	Blue region area
0	38	94.30	0	61	89.19
1	18	91.65			
2	48	73.03	1	46	69.17
3	9	46.58	2	24	31.00
4	18	33.69			
Total	131		Total	131	

MRI, magnetic resonance imaging; SE, sonoelastography.

Table 3. Sensitivity, Specificity, and Accuracy of Sonoelastography

Magnetic resonance image	Sonoelastography				
	Grade 0	Grade 1, 2	Sensitivity	Specificity	Accuracy
Negative finding of fatty degeneration (Goutallier grade 0, 1)	52	4	89.47	92.85	91.60
Positive finding of fatty degeneration (Goutallier grade 2, 3)	7	68			
Total (n)	59	72			

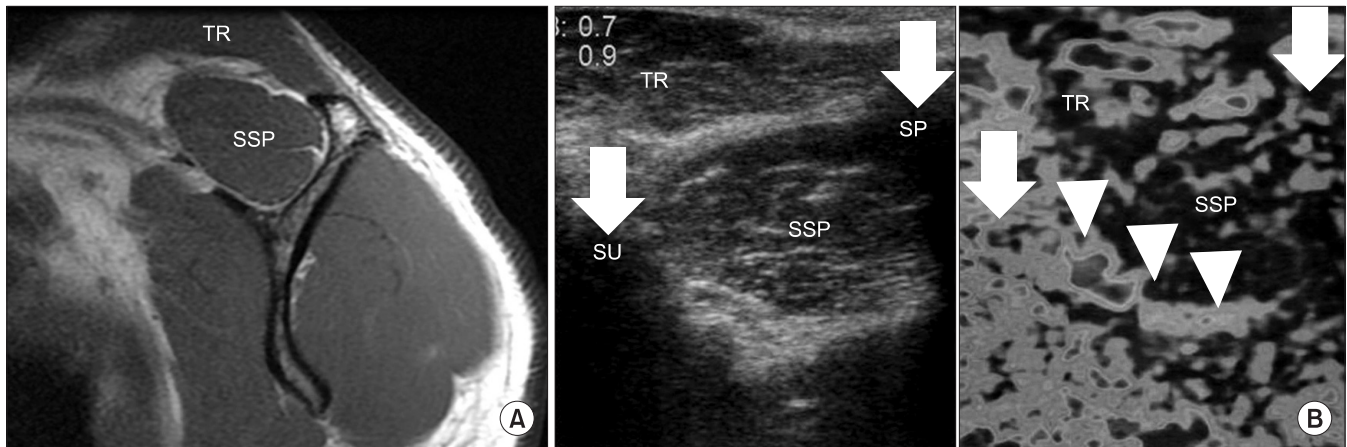


Figure 6. (A) T1-weighted oblique sagittal image of magnetic resonance images of grade 1 supraspinatus fatty degeneration shows some fatty streaks. (B) Oblique sagittal view of the sonoelastography; arrows indicate posterior acoustic shadowing of the superior border of the scapula; arrowheads indicate a low echogenicity signal around the scapula by the reaction force of the scapula. TR, trapezius; SSP, supraspinatus; SU, superior border of scapula; SP, spine of scapula.

보고되고 있다.^{9,22)}

지방변성정도를 평가하는 방법으로 Goutallier 등급이 널리 사용되고 있지만 지방변성정도를 5개의 단계로 나누어 평가하기 때문에 주관적이며 관찰자 간 일치도가 높지 않다는 단점이 있으나, occupation ratio는 Scapular Y-shaped view에서 극상와 공간에서 극상근이 차지하는 비율을 계산한 것으로 평가방법이 쉽고 관찰자 간 일치도가 높다는 장점이 있다.^{14,15,23)} 또한 Khoury 등²²⁾은 45예의 견관절을 대상으로 Occupation ratio를 이용한 자기공명영상 및 고식적 초음파 평가에서 높은 일치도를 보고한 바 있다.

초음파검사는 자기공명영상과 비교하여 비용을 절감할 수 있고, 금속 내 고정물이 있는 경우에 자기공명영상보다 높은 정확도를 보이며, 견관절에서 정적검사뿐만 아니라 동적검사가 가능하다는 장점이 있어 새로운 진단 도구로 제안되고 있다.²⁰⁾ 그러나, Strobel 등⁹⁾은 초음파를 통한 극상근의 지방변성의 평가의 정확도가 72%~75%였다고 보고하며, 아직 정확한 지방변성평가에 제한점이 있다고 하였다. 고식적인 초음파검사는 퇴행성 진행을 하고 있거나 손상된 조직들이 주위 정상 조직과 비슷한 음영을 보이는 경우가 많아 정확하게 구분하기가 쉽지 않다.¹⁷⁾

그러나 조직의 변성이나 염증성 반응들은 정상조직의 탄성도를 변형시키게 된다.¹⁷⁾ Botar-Jid 등²⁴⁾은 감염성 근병증에서 근육이 변성됨에 따라 조직 탄성도가 변하므로 탄성초음파를 통해 진단할 수 있음을 보고한 바 있으며, 따라서 근육의 섬유화나 퇴축 또는 지방변성에서도 유용한 검사법이 될 수 있을 것이라고 보고한 바 있다. 따라서 저자들은 조직의 탄성도를 평가하는 방법인 탄성초음파검사는 극상근의 지방변성을 평가하는 데 있어서 유용한 방법이 될 수 있을 것이라고 생각하였다.

극상근의 지방변성 평가에서 Wall 등²⁰⁾의 고식적인 초음파의 정확도가 92.5%였고, 초음파소견과 자기공명영상 소견과의 일치도가 0.83이라고 보고하였다. 본 연구에서 극상근의 지방변성 평가에서 탄성초음파의 정확도가 91.6%였고 자기공명영상과의 일치도는 0.85로 Wall 등²⁰⁾이 보고한 고식적 초음파에 대한 결과에 뒤지지 않는 높은 정확도와 자기공명영상과의 일치도를 보였다. 또한 Wall 등²⁰⁾은 고식적 초음파 소견의 관찰자 간 일치도를 0.71로 보고하였으나, 본 연구에서 탄성초음파 소견의 관찰자 간 일치도는 0.81로 Wall 등의 고식적 초음파 소견의 관찰자 간 일치도보다 높은 결과를 보였다.

본 연구의 제한점으로는 적은 수의 표본을 대상으로 한 후향적 연구라는 점, 탄성초음파를 통한 극상근의 지방변성에 대한 기존의 연구가 없었기 때문에 기준과 정의를 정하는 과정에서 참고할 만한 문헌이 부족하였다는 점이 있다. 또한 견갑골 상연 및 견갑극에 의해 발생하는 후방음영감쇄(posterior acoustic shadowing) 부위가 탄성초음파 영상에서 파란색으로 표시되거나, 견갑골 가까이 있는 조직의 탄성초음파영상이 병변으로 표시될 수 있다는 점이다(Fig. 6). 견갑골 가까이 있는 조직의 탄성도가 높게 표시되는 점은 단단한 견갑골에 의해 견갑골 가까이 있는 조직들에 가해지는 힘이 더 커져 부드러운 조직으로 보이게 되는 허상과 같은 원리로 생각된다.²⁵⁾ 따라서 견갑골에 의한 후방음영감쇄 및 견갑골 주위 조직의 색조변화에 따른 판독 오류를 최소화하기 위해서는 고식적 초음파 영상과 비교 분석하는 과정이 필요할 것이다.

탄성초음파기법 자체가 검사자 의존도가 높은 검사법으로 조직에 탐촉자를 위치하는 방향에 따라 조직의 탄성도가 다르게 보이는 허상이 발생할 수 있으며,²⁵⁾ 압박하는 힘을 검사자마다 동일하게 유지하는 것이 어렵기 때문에 검사자에 대한 의존도가 높고 재현성이 비교적 낮은 단점이 있다.^{26,27)} Quality factor란 탄성초음파 영상에서 압박정도를 실시간으로 수치화하여 보여주는 지표로, Calvete 등²⁸⁾은 갑상선의 탄성초음파 영상에서 quality factor를 기준으로 하여 높은 관찰자 간 일치도를 보고하여 quality factor의 유용성에 대해 보고한 바 있다. 본 연구에서도 조직에 가해지는 압력을 동일하게 객관화하기 위해 저자들은 quality factor를 기준으로 하였으며, 탐촉자의 방향에 따라 발생할 수 있는 탄성영상의 변수를 최소화하기 위해서 고식적 초음파 영상을 이용하

여 근섬유의 방향과 수직으로 탐촉자를 위치시켜 적절한 압력이 가해질 수 있도록 노력하였다.

실제 초음파검사는 영상의 해석에서 차이가 발생할 수도 있지만, 검사 영상을 얻는 과정 또한 시술자에 의해 차이가 발생할 수 있기 때문에 본 연구에서 탄성초음파의 높은 관찰자 간 일치도는 한 명의 검사자에 의해 시행되었기 때문에 가능했던 것으로 생각한다. 따라서 보다 정확한 관찰자 간 일치도를 평가하기 위해서는 여러 명의 검사자에 의해 시행된 결과를 비교하여 평가하는 등의 추가적 연구가 필요할 것으로 생각한다.

결론

극상근의 지방변성평가에 있어 탄성초음파기법은 높은 정확도와 자기공명영상과의 일치도 또한 높은 관찰자 간 일치도를 보여 극상근 지방변성 평가에 유용한 도구로 사용될 수 있을 것이라 생각한다.

REFERENCES

- Goutallier D, Postel JM, Lavau L, Bernageau J. Impact of fatty degeneration of the supraspinatus and infraspinatus muscles on the prognosis of surgical repair of the rotator cuff. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1999;85:668-76.
- 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.
- 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.
- Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC. Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and post-operative evaluation by CT scan. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;304:78-83.
- 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.
- Fuchs B, Weishaupt D, Zanetti M, Hodler J, Gerber C. Fatty degeneration of the muscles of the rotator cuff: assessment by computed tomography versus magnetic resonance imaging. *J Shoulder Elbow Surg.* 1999;8:599-605.
- Wiener SN, Seitz WH Jr. Sonography of the shoulder in patients with tears of the rotator cuff: accuracy and value for selecting surgical options. *AJR Am J Roentgenol.* 1993;160:103-

- 7.
8. Nakajima D, Yamamoto A, Kobayashi T, et al. The effects of rotator cuff tears, including shoulders without pain, on activities of daily living in the general population. *J Orthop Sci*. 2012;17:136-40.
9. Strobel K, Hodler J, Meyer DC, Pfirrmann CW, Pirkli C, Zanetti M. Fatty atrophy of supraspinatus and infraspinatus muscles: accuracy of US. *Radiology*. 2005;237:584-9.
10. Varghese T, Ophir J, Konofagou E, Kallel F, Righetti R. Tradeoffs in elastographic imaging. *Ultrason Imaging*. 2001;23:216-48.
11. Ophir J, Céspedes I, Ponnekanti H, Yazdi Y, Li X. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. *Ultrason Imaging*. 1991;13:111-34.
12. Pesavento A, Perrey C, Krueger M, Ermert H. A time-efficient and accurate strain estimation concept for ultrasonic elastography using iterative phase zero estimation. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control*. 1999;46:1057-67.
13. Tsutsumi M, Miyagawa T, Matsumura T, et al. The impact of real-time tissue elasticity imaging (elastography) on the detection of prostate cancer: clinicopathological analysis. *Int J Clin Oncol*. 2007;12:250-5.
14. 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.
15. Schaefer O, Winterer J, Lohrmann C, Laubenberger J, Reichelt A, Langer M. Magnetic resonance imaging for supraspinatus muscle atrophy after cuff repair. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;403:93-9.
16. Zanetti M, Hodler J. Imaging of degenerative and posttraumatic disease in the shoulder joint with ultrasound. *Eur J Radiol*. 2000;35:119-25.
17. Frey H. Realtime elastography. A new ultrasound procedure for the reconstruction of tissue elasticity. *Radiologe*. 2003;43:850-5.
18. De Zordo T, Lill SR, Fink C, et al. Real-time sonoelastography of lateral epicondylitis: comparison of findings between patients and healthy volunteers. *AJR Am J Roentgenol*. 2009;193:180-5.
19. Li YY, Wang XM, Zhang YX, Ou GC. Ultrasonic elastography in clinical quantitative assessment of fatty liver. *World J Gastroenterol*. 2010;16:4733-7.
20. Wall LB, Teefey SA, Middleton WD, et al. Diagnostic performance and reliability of ultrasonography for fatty degeneration of the rotator cuff muscles. *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94:e83.
21. Crewson PE. Reader agreement studies. *AJR Am J Roentgenol*. 2005;184:1391-7.
22. Khoury V, Cardinal E, Brassard P. Atrophy and fatty infiltration of the supraspinatus muscle: sonography versus MRI. *AJR Am J Roentgenol*. 2008;190:1105-11.
23. Chung SW, Kim SH, Tae SK, Yoon JP, Choi JA, Oh JH. Is the supraspinatus muscle atrophy truly irreversible after surgical repair of rotator cuff tears? *Clin Orthop Surg*. 2013;5:55-65.
24. Botar-Jid C, Damian L, Dudea SM, Vasilescu D, Rednic S, Badea R. The contribution of ultrasonography and sonoelastography in assessment of myositis. *Med Ultrason*. 2010;12:120-6.
25. Moon WK, Chang SC, Huang CS, Chang RF. Breast tumor classification using fuzzy clustering for breast elastography. *Ultrasound Med Biol*. 2011;37:700-8.
26. Park SH, Kim SJ, Kim EK, Kim MJ, Son EJ, Kwak JY. Interobserver agreement in assessing the sonographic and elastographic features of malignant thyroid nodules. *AJR Am J Roentgenol*. 2009;193:W416-23.
27. Yoon JH, Kim MH, Kim EK, Moon HJ, Kwak JY, Kim MJ. Interobserver variability of ultrasound elastography: how it affects the diagnosis of breast lesions. *AJR Am J Roentgenol*. 2011;196:730-6.
28. Calvete AC, Rodríguez JM, de Dios Berná-Mestre J, Ríos A, Abellán-Rivero D, Reus M. Interobserver agreement for thyroid elastography: value of the quality factor. *J Ultrasound Med*. 2013;32:495-504.

극상근 지방변성에서 탄성초음파의 정확도: 정량적 분석을 통한 자기공명영상 소견과의 비교연구

서중배[✉] • 유재성 • 류지원

단국대학교 의과대학 정형외과학교실

목적: 본 연구의 목적은 자기공명영상을 기준으로 극상근의 지방변성을 평가함에 있어 탄성초음파의 정확도에 대해 알아보고자 한다.

대상 및 방법: 견관절 자기공명영상과 탄성초음파를 시행하였던 126명(131예)의 견관절을 대상으로 후향적 분석을 하였다. 탄성초음파를 이용해 극상근의 사위 시상면 영상을 얻었으며, 탄성초음파 영상은 256단계의 색조지도영상을 이용해 두 명의 정형외과 의사에 의해 평가되었다.

결과: 극상근의 지방변성을 자기공명영상을 기준으로 했을 때, 탄성초음파의 민감도는 89.47%, 특이도 92.85%, 정확도 91.60%였다. 탄성초음파영상의 관찰자 간 일치도는 almost perfect agreement로 weighted kappa coefficient는 0.81이었다. 자기공명영상과 탄성초음파의 등급은 양의 상관관계($r=0.85$, $p \leq 0.001$)를 보였다. Occupation ratio와 blue region area ratio 역시 양의 상관관계($r=0.69$, $p \leq 0.001$)를 보였다.

결론: 탄성초음파는 극상근의 지방변성 정도의 정량적 평가에서 높은 정확도와 자기공명영상과의 일치도, 관찰자 간 일치도를 보여 극상근의 지방변성 평가에 유용한 방법이 될 수 있을 것이다.

색인단어: 극상근, 지방변성, 초음파, 탄성초음파

접수일 2013년 12월 10일 수정일 2013년 12월 28일 게재확정일 2014년 1월 16일

[✉]책임저자 서중배

천안시 동남구 단대로 119, 단국대학교 의과대학 정형외과학교실

TEL 041-550-3060, FAX 041-556-3238, E-mail idbabe@naver.com