

상완골 대결절 골절에서의 관절경적 치료 및 개방적 치료와 비교

오원석¹, 손인석², 강현성², 최성욱²

¹제주대학교 의학전문대학원 의학과, ²제주대학교 의학전문대학원 정형외과학교실

(Received May 7, 2014; Revised May 14, 2014; Accepted May 21, 2014)

Abstract

Arthroscopic Treatment Versus open Reduction Technique for Fracture of Greater Tuberosity of Humerus

Wonsuk Oh¹, In-seok Son², Hyungseong Kang², Sungwook Choi²

¹Jeju National University School of Medicine

²Department Orthopedic Surgery, Jeju National University School of Medicine, Jeju, Korea

Purpose of study is to analyze clinical effectiveness by comparing results about arthroscopic treatment versus open reduction technique for fracture of greater tuberosity of Humerus. Methods is that from Oct. 2009 to Mar. 2013, 14 patients (group A) who got arthroscopic treatment and 9 patients (group O) who got open reduction technique for fracture of greater tuberosity of Humerus, all 23 patients, were analyzed retrospectively. Clinical and functional evaluation were fulfilled by final range of motion, Constant score and The university of California at Los angeles(UCLA) score. Bone union was evaluated by radiologic finding. Of 23 patients, female were 20 patients and male were 3 patients. Mean age was 62.6(39-81) years. From followed-up group A, Union period was mean 33.5(28-38) days, UCLA score was mean 30.8(28~33) points, forward flexion range was 170.7° (150~180°), abduction range was 156.8° (110~180°), constant score was mean 61.0(43~73) points. From followed-up group O, Union period was mean 34.4(31~38) days, UCLA score was mean 30.8(28~33) points, forward flexion range was 166.1° (150~180°), abduction range was 151.1° (130~180°), constant score was mean 64.7(56~74) points. There was no statistical difference between the group A and group O.

Conclusion is that arthroscopic treatment is effective treatment in aspects of bone union and clinical result comparing open reduction technique for fracture of greater tuberosity of Humerus, Besides, hospitalization period and pain could be reduced by arthroscopic treatment (*J Med Life Sci* 2014;11(1):70-76)

Key Words : Humerus Fracture, Arthroscopic, Great Tuberosity Fracture

서론

근위부 상완골 골절은 고령인 환자에서 자주 발생하는 골절로 전체골절의 4~5%에 해당한다. 상완골의 대결절의 골절은 상완부골절의 13~33%로 발생하며, 단독 혹은 상완부 골절과 동반되어 나타나기도 한다¹⁾. Kim 등은 상완골 대결절 단독 골절이 일반적인 상완골 골절에 비하여 더 젊은 환자 군에서 호발하며, dislocation을 더 많이 동반하는 등의 차이를 보이며, 이 때문에 분류나 치료법을 다르게 고려할 것을 주장하였다²⁾. 대결절의

단독 골절은 흔히 감입이나, 견열, 전단 손상에 의하여 발생한다³⁾. 대결절이 단독으로 골절되는 경우, 개방적 정복 및 내고정술을 시행하는 것이 일반적인 치료법으로 널리 알려져 있다⁴⁾ 그러나, 최근 몇몇 연구에서 관절경적 술식을 이용하여 대결절 골절을 치료하는 방법이 소개되고 있다^{5,6,15,16)}.

견관절의 여러 골절 종류에서, 단순 촬영은 가장 기본적이며, 중요한 정보를 제공한다. 그러나 대결절의 골절은 단순 촬영 상에서는 명확한 형태를 확인하기 어려워 진단을 놓칠 수 있다^{7,8)} Ogawa 등은 초기 evaluation에서 약 2/3의 대결절 골절이 오진될 수 있다고 하였다⁹⁾. 이러한 경우에 흔히 3D-단층 촬영이 매우 유용하게 사용된다¹⁰⁾ (Fig. 1).

예전에는 개방적인 정복 및 내고정술을 시행하는 것이 일반적인 치료법으로 사용되었다^{4,11,12)}. Bhatia 등은 개방적 술식 및 봉합나사못을 이용한 대결절 견열 골절의 치료를 시행하였으며, 장

Correspondence to : Sungwook Choi
Department of Orthopaedic Surgery Jeju National University School of Medicine, Aran 13gil 15, Jeju-si, Jeju Special Self-governing Province, Republic of Korea, 690-767
E-mail : swchoi1115@gmail.com

기 추시에서 만족스러운 결과를 얻었다고 보고하였다³⁾. 그러나, 도관나사를 이용하여 고정을 시행 할 경우, 골절의 분쇄나 전위를 더 발생시키거나, 골편의 고정이 좋지 않을 수 있다⁴⁾. 이 때문에, 최근 몇몇 연구에서는 관절경을 이용하여 대결절의 관절경적 치료법을 주장하였다^{5,6)}.

견갑부의 관절경적 치료는 주로 회전근개의 봉합술을 시행할 때 사용된다^{17,18,19,20,21,22)}. 최근에 Ji등은 대결절 골절 16예에서 관절경을 이용한 double row suture anchor fixation을 시행하였으며, 14예에서 functional score 및 관절 운동에서 만족스러운 결과를 얻었다고 보고 하였다⁶⁾. Kim등은 일반적으로 회전근개를 봉합할 때 시행하는 교량형 봉합술식을 이용하여 대결절 견열 골절을 치료하는 수술적 방법을 제안하였다¹⁶⁾.

Cheng-Li 등 은²³⁾ 대결절 골절에서 봉합나사못(봉합나사못) 및 나사고정(screw fixation)에 대하여 생역학적 연구를 통하여 비교를 시행하였으며, 그 결과 나사고정에 비하여 봉합나사못이 더 강한 힘을 갖는다는 보고도 있었다.

Tsikouris G 등은²⁴⁾ 운동선수 에서 대결절 골절의 관절경적 치료 증례를 발표하여, 좋은 효과를 보였다고 하였으며, Park

SE등 은²⁵⁾ 최근 연구에서, 대결절 골절의 관절경적 치료에 대한 후향적 연구를 발표하였다. 그러나, 아직까지 대결절 견열 골절에 대한 개방적 술식과, 관절경적 술식 후 그 결과에 대한 비교 논문은 전무한실정이다.

본 연구에서는 봉합나사못 및 push lock을 이용한 교량형 봉합술식을 이용하여, 대결절 견열 골절을 관절경적으로 치료한 환자들을 대상으로, 그 효용성에 대한 후향적 연구를 진행하였다. 또한 대결절 견열 골절을 개방적으로 치료한 환자들과 그 결과를 비교함으로써, 그 효용성을 입증하고자 한다. 이에 대한 관절경적 치료에 대한 이론적 배경으로, 대결절 견열 골절의 치료가 극상근의 건파열에 대한 치료와 동등하다고 제안 하려고 한다. 골절의 고정 상태를 명확하게 확인 할 수 있는 개방적 술식과는 달리 관절경 술식의 경우 이에 대한 확인이 불리하다. 따라서 수술을 시행 받은 환자의 수술 후 경과 관찰이 더욱 중요하다. 우리는 상완골의 대결절 골절에서 관절경 술식을 시행한 환자들을 경과관찰하고, 개방적 술식을 시행한 환자들과 비교하여, 그 효용성이 지속적으로 유지가 되는지를 임상적 결과를 분석하여 확인하여 보고자 한다.

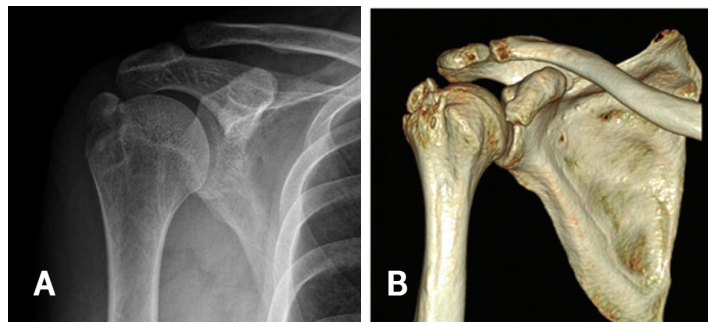


Figure 1. (A) Simple radiologic evaluation of GT avulsion fracture. (B) 3D CT scan of GT avulsion fracture

대상 및 방법

2009년 10월부터 2013년 03월까지 상완골 대결절 골절 중 관절경 하에 정복 및 고정을 시행한 14예(Group A:arthroscopy)와 개방적 정복 및 고정을 시행 총 9례(Group O:open), 총 23명을 대상으로 후향적으로 분석하였다. 환자는 사고 당시 외상 견관절 단순 촬영 시리즈를 이용하여, 대결절 견열 골절을 확인하였으며, 3D(dimensional) 단층 촬영을 이용하여, 골절의 양상 및 골편의 크기, 전위의 정도를 확인하였다.

연구에 포함된 23명의 환자 중 여성이 20명, 남성이 3명이었고, 평균연령은 62.6세 (39~81세)이었다(Table 1) 관절경적 치료를 받은 환자 14명 중에서는 여성이 12명, 남성이 2명으로 평균 연령은 62.0세(39~81세)였으며, 개방적 치료를 받은 환자 9명 중에서는 여성이 8명, 남성이 1명으로 평균 연령은 63.3세(45~79

세)이었다. 두 군 간에 유의한 차이는 없었다($P>0.05$). 환자는 39세에서 81세까지였다. 수상기전은 Group A에서 추락이 1명, 교통사고가 1명, 나머지는 넘어짐이었고, Group O에서 추락이 1명 그 외에는 모두 넘어짐이었고, 역시 두 군 간에 유의한 차이는 없었다($P>0.05$). Group A에서 수상 후 수술까지 평균시간은 6.3일이었고, Group O에서는 7.1일이었다. 견관절 탈구가 동반된 환자는 없었으며, 동반 손상으로는 회전근개 파열이 관절경적 치료 군에서 2례, 개방적 치료 군에서 1례 있었다.

수술 후 추시 기간 동안 환자는 2, 4, 8, 12주에 각각 단순촬영을 시행 받았으며, visual analog scale(VAS), the University of California, Los Angeles(UCLA) score 및 이학적 검진을 시행하였다. 어깨관절의 운동범위는 수술 후 4~6주, 3,6,9개월 째에 확인하였다.

Table 1. Patient demographics

	Gender	Age (yr)	Follow up	Follow-up results			Follow-up ROM			combine lesion
				Constant score	UCLA	Union period (days)	FF (°)	ABD (°)	IR (°)	
Arthroscopic repair										
1	F	54	1y4m2d	71	33	28	180	180	T12	No lesion
2	F	62	4m15d	69	32	36	175	170	L3	Rotator cuff tear
3	F	63	6m10d	52	20	33	160	150	L2	No lesion
4	F	79	1y7m17d	67	24	38	175	160	L1	No lesion
5	F	62	1y4m2d	43	28	34	180	180	T12	No lesion
6	F	39	4m2d	73	27	35	180	180	T12	No lesion
7	F	81	1m15d	54	28	37	150	130	L3	No lesion
8	F	65	8m6d	61	32	31	160	110	L1	No lesion
9	M	53	10m5d	62	28	32	170	160	L1	No lesion
10	M	64	6m18d	62	31	32	170	150	L1	No lesion
11	M	61	9m4d	61	28	31	175	160	T12	No lesion
12	F	59	5m21d	51	30	33	175	155	T12	No lesion
13	F	55	4m 5d	57	29	33	180	160	L1	No lesion
14	F	72	1y3m26d	71	29	37	160	150	L3	Rotator cuff tear
Open repair										
1	F	70	6m14d	74	28	31	170	160	L1	No lesion
2	F	64	9m14d	56	33	32	150	130	L3	No lesion
3	M	62	10m 3d	68	31	33	160	150	L2	No lesion
4	F	63	4m	62	33	33	165	150	L1	Rotator cuff tear
5	F	69	2m8d	69	29	36	160	130	L1	No lesion
6	F	63	1y3m20d	70	30	38	170	140	L1	No lesion
7	F	79	5m25d	59	31	37	165	150	L2	No lesion
8	F	55	6m18d	61	33	33	175	170	T12	No lesion
9	F	45	6m21d	63	29	37	180	180	T12	No lesion

Abbreviations : FF, Forward flexion; ABD, abduction; IR, internal rotation

Table 2. Comparison of arthroscopic repair & open repair

	Constant score	UCLA	Union period (days)	FF (°)	ABD (°)
Arthroscopic repair	61±10.73	28.5±3.39	33.57±2.79	170.71±9.58	156.79±19.38
Open repair	64.6±5.87	30.8±1.92	34.44±2.56	166.11±8.94	151.11±16.92

Abbreviations: FF, Forward flexion; ABD, abduction; IR, internal rotation
 Statistical significance test was done. By Mann-Whitney U-test

수술기법(Surgical technique)

〈관절경적치료〉

전신마취 하에 환자를 beach chair position으로 위치시킨 뒤, 전방 및 후방의 기본포탈을 이용하여 관절 내 구조물을 검사하였다.

견관절 내 극상근건 부착부위에 대결절 견열 골절을 확인하고 그 크기 및 위치, 전위 정도를 파악하였다(Fig. 2).

2개의 생체 흡수적(Bioabsorbable) 봉합나사못(Arthrex)을 대결절에 고정된 뒤, anchor에 고정된 두 fiber-wire strands를 suture hook과 bird beak을 이용하여 온전한 건을 물고 밖으로 나오게 하였다(Fig. 3).

이후 대결절의 외측방향으로 당겨서 골편을 정복시킨 뒤에, 2개의Bioabsorbablepushlock suture(arthrex)를 이용하여, 교량형 봉합 술식으로 고정을 시행하였다(Fig.4).

봉합 후 외전 brace apply한 후 수술을 종료하였다.

〈개방적 치료〉

전신 마취 하에 환자를 beach chair position로 위치시키고, 견봉 돌기의 직하부에서 부터 5cm가량 세로 방향으로 피부절개를 가한 뒤, 피부 및 피하 층을 당겼다.

삼각근을 가른 뒤, 견봉 하 점액낭의 일부를 절개하여 골절부위를 노출시켰다. 견관절 내 극상근건 부착부위에 대결절 견열 골절을 확인하고 그 크기 및 위치, 전위 정도를 파악하였다.

K-강선을 이용하여 전위된 대결절을 정상부위로 정복을 시도한 후 4.5 HCS screw(혹은 5.0 Canullated screw)로 내고정을 실시하였다(Fig.5).

C-arm 이미지 하에서 골절의 정복 및 고정을 확인하였다.

창상을 식염수로 씻어낸 뒤, silicone drain을 삽입 후 피하 및 피부 봉합을 시행하였다. 드레싱을 하고 외전 brace apply한 후 수술을 종료하였다.

수술 후 재활치료

수술후견관절은 pillow spacer가 포함된abduction brace(K-sling: Eugene medical, Seoul, Korea)을 이용하여 보호하였다. 수술 후 3일째에 pendulum 운동 및 관절 운동 치료기를 이용한 수동적 관절운동을 시작하였다. 수술 후 5일째부터, 로프와 도르래를 이용한 수동적 신전을 시작하였으며, 회전근개 강화운동을 지속하였다. 환자는 통증이 조절되는 데로 능동적 운동 및 적절한 강화 운동을 시행하였다. 퇴원 후 지속적인 외래 방문을 통하여 견관절의 운동을 유지하였다.

통계학적 분석(Statistical analysis)

통계학적 분석은 SPSS software로 수행하였다. 우리는 UCLA, Constant score, 수술 후 ROM의 정도 등 수술 후 임상적 결과에 대한 평균값에 대하여 비모수 통계분석(Mann-Whitney, Kolmogorov-Smirnov test)을 시행하였다.



Figure 2. Debridement was performed on the undersurface of the fracture fragment with a shaver

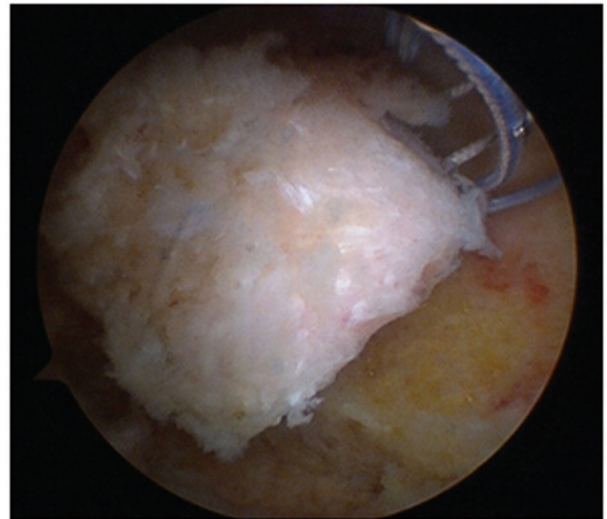


Figure 3. The suture anchors penetrate rotator cuff inside-to-out

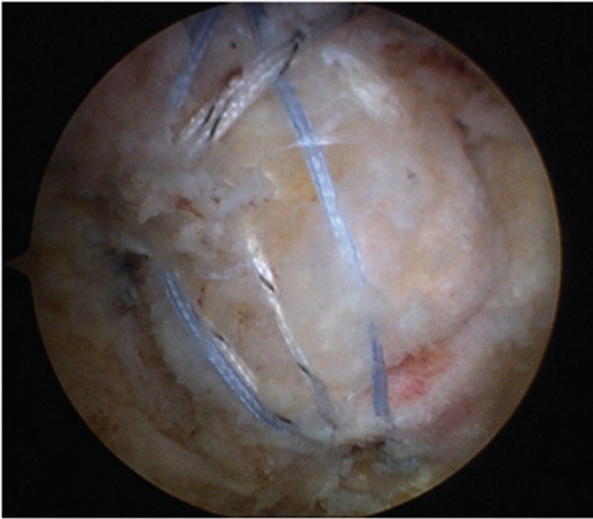


Figure 4. Arthroscopic finding showed anatomical reduction and firm fixation



Figure 5. Postoperative X-ray with Open technique

결 과

수술적 치료 후 수술의 적합성을 확인하기 위하여 기능적 수치 및 영상학적 검사가 시행되었다. 골 유합은 전체 군에서 평균 33.9일(28~38), Group A에서 평균 33.5일(28~38), Group O에서 평균 34.4일(31~38)이었고, 두 군 간에 유의한 차이는 관찰되지 않았다($P>0.05$).

두 군 모두에서 전방굴곡이 150도 이상 회복되었으며, 평균 168.9°(range, 150~180°) 외전은 평균 154.6°(range 110~180°), 내회전은 평균 L1(T12~L3)로 회복되었다. Group A는 전방굴곡이 평균 170.7°(range 150~180°), 외전이 평균 156.8°(range 110~170°), 내회전이 평균 L1(T12~L3)으로 회복되었다. Group O는 전방굴곡이 평균 166.1°(range 150~180°), 외전이 평균 151.1°(range 130~180°), 내회전이 평균 L1(T12~L3)으로 회복되었다. 두 군 간에 유의한 차이는 관찰되지 않았다($P>0.05$).

기능적평가로, Group A에서 UCLA score가평균 28.5(20~33)였고, Constant score는 평균 61.0 (43~73)이었다. Group O의 경우 UCLA score가평균 30.8(28~33)이었으며, Constant score는 평균 64.7(56~74)이었다. 두 군 간의 유의한 차이는 관찰되지 않았다($P>0.05$).

동반손상(Associated injury)

Group A에서 1예, Group O에서 수상 당시 회전근개 파열이 동반되었으며, 수술 전 MRI 및 수술 시 소견 상에서 확인하였다. Group A및O의 각각에서, 파열된 회전근개에 대해서 수술 중 봉합을 시행하였으며, 그 존재 여부는 술 후 골절의 유합이나, 경과 관찰 시 기능적 수치 및 관절의 운동범위에 영향을 미치지

않았다.

합병증(Complication)

수술 후에 모든 환자에서 불유합(Non-union), 부정 유합(Mal-union) 및 감염 등의 합병증은 발생하지 않았다.

고 찰

상완골 대결절의 골절의 치료로 최근 많은 방법들이 소개되고 있다. 대결절의 골절은 많은 경우에서, 결절의 전위 정도나, 동반 손상에 대하여 단순 촬영만으로는 판단하기 힘들기 때문에^{7,8,9)}, 3-Demensinal 단층촬영이나 자기 공명 영상장치가 유용하게 사용될 수 있다. Jurik등은¹⁰⁾ 3D단층 촬영이 전위의 정도를 정확하게 파악하는데 유용하며, 이를 통하여, 개방적 정복 및 내고정을 계획하는데 가치가 있다고 하였다.

일반적으로 전위가 없거나, 3mm미만의 전위를 갖는 대결절 골절의 경우 보존적 치료를 시행해왔다^{26,27)}. 그러나, Platzer 등의 연구에 의하면, 수술적 치료와 보존적 치료를 시행한 두 군에서, 수술적 치료를 시행한 군 수술 후 결과가 더 양호하다고 보고하였다²⁷⁾. 그 외에Neer등은 1cm 이상의 전위가 있을 경우에 반드시 수술적 치료가 필요하다고 하였다. 또, Bigliani등은5mm 이상의 전위가 있을 경우에 수술적 치료가 반드시 필요하다는 주장을 하였다²⁸⁾.

고전적인 방법으로 대결절 견열 골절은 개방적 술식을 이용한 나사고정이 흔히 사용되어왔다^{4,11,12)}. 골절의 유합을 위하여, 골절 부위를 노출시키고 완벽한 정복을 통하여 고정시키는 이러한 전통적인 방법에 특별한 이점은 없었다.

그러나 최근 들어 다양한 고정방법이 제안되는 가운데, 최근에 관절경적 치료법이 대두되고 있다^{5,6,15,16,23,24,25)}. 관절경적 치료가 더 작은 피부절개 및 입원기간의 감소 등의 장점이 있다는 것은 널리 알려진 사실이다. 또한 Ji등의 연구에서는 분쇄가 동반된 단독 대결절 견열 골절에서도, 관절경적 치료 시 예후가 좋다는 결과를 보였다⁶⁾.

그러나 저자들은 대결절 견열 골절의 수상기전이 직접적인 감입이나, 견열, 전단손상에 의하여 발생함으로써, 그 손상이 외상성 회전근개 파열의 연장선에 있다고 생각하였다. 이러한 이론을 바탕으로 일반적으로 회전근개 파열을 봉합 할 때 사용하는 교량형 봉합 술식을 이용하여, 대결절 견열 골절을 치료하였다. 또한, 이 가설을 뒷받침하기 위하여 개방적 술식을 이용하여 고정한 예와 비교하여 보았다.

그 결과 관절경적 술식을 이용하여 치료한 환자 군이 개방적 술식을 이용하여 치료한 환자 군에 비하여 골절의 유합이나, 수술 후 기능적 수치의 회복 등에서 유의할 만한 차이가 관찰되지 않았다. 뿐만 아니라, 수술 후 내고정물이 관찰되지 않으므로, 영상학적으로 경과 관찰하는데도 유리하였으며, 추후 견관절 통증이 발생하였을 때, 감별을 위한 MRI를 시행하는데도 더 유리하였다. 또한, 수술 후에 implant의 제거가 필요하지 않다는 장점도 있었다.

관절경적 술식은 개방적 술식에 비하여 수술시간이 증가할 수 있으며, 기술적인 요구가 더 높을 수 있다. 그러나 회전근개 봉합술의 반복적인 경험을 통하여 기술적인 문제를 해결한다면, 이러한 단점은 충분히 극복 할 수 있을 것이다.

우리의 연구는 다양한 한계점이 있다. 가장 큰 한계점으로는 증례의 수가 너무 작다는 것이다. 또한 개방적 술식을 시행한 환자에서 완벽하게 동일한 수술법을 시행하지 않았다. (나사의 종류나 개수의 차이) 이러한 차이에 대한 분석 역시 시행하지 않았다. 그리고 비록 수술적 치료에 있어 무작위 조절 연구를 시행하기 어려운 면은 있으나, 개방적 치료와 관절경적 치료 군을 선택하는데 있어, 외과의의 임의대로 진행하였기 때문에 선택 바이아스도 발생 할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 1) Kristiansen B, Barfod G, Bredesen J, et al. Epidemiology of proximal humeral fractures. *ActaOrthopScand*. 1987;58:75-77.
- 2) Kim E, Shin HK, Kim CH. Characteristics of an isolated greater tuberosity fracture of the humerus. *JOrthopSci*. 2005;10:441-444.
- 3) Bahrs C, Lingenfelter E, Fischer F, Walters EM, Schnabel M. Mechanism of injury and morphology of the greater tuberosity fracture. *JShoulderElbowSurg*. 2006;15:140-147.
- 4) Flatow EL, Cuomo F, Maday MG, Miller SR, McIlveen SJ, Bigliani LU. Open reduction and internal fixation of two-part displaced fractures of the greater tuberosity of the proximal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am*. 1991;73:1213-1218.
- 5) Bonsell S, Buford DA Jr. Arthroscopic reduction and internal fixation of a greater tuberosity fracture of the shoulder: A case report. *JShoulderElbowSurg*. 2003;12:397-400.
- 6) Jung-hunJi, Mohamed Shafi. Arthroscopic fixation technique for comminuted, displaced greater tuberosity fracture. *J Arthroscopy*. 2010;26 pp600-609
- 7) Mason BJ, Kier R, Bindleglass DF (1999) Occult fractures of the greater tuberosity of the humerus: radiographic and MR imaging findings. *Am J Roetgenol*. 172:469--473
- 8) Ahn JM, El-Khoury GY (2007) Occult fractures of extremities. *Radiol Clin N Am*. 45:561-579
- 9) Ogawa K, Yoshida A, Ikegami H. Isolated fractures of the greater tuberosity of the humerus: solutions to recognizing a frequently overlooked fracture. *J Trauma*.2003;54:713-7
- 10) Jurik AG, Albrechtsen J. The use of computed tomography with two- and three-dimensional reconstructions in the diagnosis of three- and four-part fractures of the proximal humerus. *Clin Radiol*. 1994;49:800-804.
- 11) Flatow EL, Cuomo F, Maday MG, Miller SR, McIlveen SJ, Bigliani LU. Open reduction and internal fixation of two-part displaced fractures of the greater tuberosity of the proximal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73:1213- 1218.
- 12) Herscovici D Jr, Saunders DT, Johnson MP, Sanders R, DiPasquale T. Percutaneous fixation of proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 2000:97-104.
- 13) Bhatia DN, van Rooyen KS, du Toit DF, de Beer JF. Surgicaltreatment of comminuted, displaced fractures of the greatertuberosity of the proximal humerus: A new technique of double- row suture-anchor fixation and long-term results. *Injury*
- 14) Green A, Izzi J Jr. Isolated fractures of the greater tuberosity of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*. 2003;12:641-649.
- 15) Song HS, Williams GR Jr. Arthroscopic reduction and fixation with suture-bridge technique for displaced or comminuted greater tuberosity fractures. *Arthroscopy*. 2008;24:956-960.
- 16) Kim KC, Rhee KJ, Shin HD, Kim YM. Arthroscopic fixation for displaced greater tuberosity fracture using the suture-bridge technique. *Arthroscopy*.

- 2008;24:120.e1-120.e3.
- 17) Brady PC, Arrigoni P, Burkhart SS. Evaluation of residual rotator cuff defects after in vivo single-versus double-row rotator cuff repairs. *Arthroscopy*. 2006;22:1070-1075.
 - 18) Cummins CA, Appleyard RC, Strickland S, Haen PS, Chen S, Murrell GA. Rotator cuff repair: An ex vivo analysis of suture anchor repair techniques on initial load to failure. *Arthroscopy*. 2005;21:1236-1241.
 - 19) Kim DH, Elattrache NS, Tibone JE, et al. Biomechanical comparison of a single-row versus double-row suture anchor technique for rotator cuff repair. *Am J Sports Med*. 2006;34: 407-414.
 - 20) Meier SW, Meier JD. The effect of double-row fixation on initial repair strength in rotator cuff repair: A biomechanical study. *Arthroscopy*. 2006;22:1168-1173.
 - 21) Park MC, Cadet ER, Levine WN, Bigliani LU, Ahmad CS. Tendon-to-bone pressure distributions at a repaired rotator cuff footprint using transosseous suture and suture anchor fixation techniques. *Am J Sports Med*. 2005;33:1154-1159
 - 22) Tuoheti Y, Itoi E, Yamamoto N, et al. Contact area, contact pressure, and pressure patterns of the tendon-bone interface after rotator cuff repair. *Am J Sports Med*. 2005;33:1869-1874.
 - 23) Cheng-Li Lin, Chih-Kai Hong, I-Ming Jou, Chii-Jeng Lin, Fong-Chin Su, Wei-Ren Su. Suture Anchor Versus Screw Fixation for Greater Tuberosity Fractures of the Humerus. A Biomechanical Study, *Journal of Orthopaedic Research*. Volume 30, Issue 3, pages 423-428, March 2012
 - 24) Tsikouris G, Intzirtis P, Zampiakis E, Plessas S, Taprantzis L, Kourougenis P, Tsikouris D, Tsikouris L. Arthroscopic reduction and fixation of fractures of the greater humeral tuberosity in athletes: a case series. *Br J Sports Med*. 2013 Jul;47(10):v-e3. doi: 10.1136/bjsports-2013-092558.3.
 - 25) Park SE, Ji JH, Mohamed Shafi, Jung JJ, Gil HJ, Lee, HH. Arthroscopic management of occult greater tuberosity fracture of the shoulder. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. April 2013
 - 26) Park T-S, Choi I-L, Kim Y-H, Park M-R, Shon J-H, Kim S-I. A new suggestion for the treatment of minimally displaced fractures of the greater tuberosity of the proximal humerus. *Bull Hosp Joint Dis*. 1997;56:171-176.
 - 27) Platzer P, Kutscha-Lissberg F, Lehr S, Vecsei V, Gaebler C. The influence of displacement on shoulder function in patients with minimally displaced fractures of the greater tuberosity. *Injury*. 2005;36:1185-1189.
 - 28) Neer CS. Displaced proximal humeral fractures. Part I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am*. 1970;52:1077- 1089.
 - 29) Bigliani LU, Flatow EL, Pollock RG. Fractures of the proximal humerus. In: Rockwood CA Jr, Matsen FA III, eds. *The shoulder*. Philadelphia: WB Saunders, 1998:337-389.