

수술 후 발생한 상완골 원위부 불유합의 치료

김형식 · 장기준 · 최윤락 · 고일현 · 강호정

연세대학교 의과대학 세브란스병원 정형외과학교실

목 적: 상완골 원위부 골절의 수술적 치료 후 발생한 불유합으로 치료를 시행받은 환자들에 대해 수상 원인, 방사선 소견, 치료 결과 및 예후 등 임상적 추시 결과를 후향적으로 분석하였다.

대상 및 방법: 2005년부터 2010년까지 상완골 원위부 골절로 수술적 치료 후 불유합 상태가 지속되어 재수술을 시행한 환자 7명을 대상으로 하였다. 일차 수술 후 불유합 진단까지의 평균 기간은 7.4개월(4~16개월)이었다. 최종 추시 기간은 평균 24.6개월(12~65개월)이었다. Mayo Elbow Performance Score와 The Disability of Arm, Shoulder and Hand Score를 이용하여 기능 평가를 시행하였다.

결 과: 불유합에 대해 금속판 고정술 및 골편 이식술 등의 수술적 치료를 시행하였으며, 주관절의 관절운동 범위는 굴곡 구축 18.8°(0~30°), 후속 굴곡 120.2°(102~140°)였다. 합병증으로는 중등도의 관절 강직이 3예, 내과 불유합이 2예, 내고정물의 해리가 1예에서 관찰되었다.

결 론: 상완골 원위부 골절의 불유합을 예방하기 위해서는 일차 수술시에 정확한 해부학적 정복과 유지가 우선시되어야 하며, 자가골 이식 등의 적절한 추가 수술적 치료가 필요할 것으로 생각한다.

색인 단어: 상완골 원위부 골절, 불유합, 수술적 치료

Treatment of Non-union Distal Humerus Fractures after Operation

Hyung-Sik Kim, M.D., Ki-Joon Jang, M.D., Yun-Rak Choi, M.D., Il-Hyun Koh, M.D., Ho-Jung Kang, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: This study is a retrospective analysis of patients who had undergone surgical treatment for non-union of distal humerus fracture. We evaluated them in terms of causes of injury, radiologic findings, and clinical outcomes such as prognosis.

Materials and Methods: Seven consecutive radiologic patients who were confirmed to have nonunion of a distal humerus fracture underwent reoperations. These patients had already undergone operations for distal humerus fractures. This survey was held from 2005 to 2010. The average period up to diagnosis of non-union after the first operation was 7.4 months (4 to 16 months). The mean follow-up period was 24.6 months (12 to 65 months). Each patient was graded functionally according to the Mayo Elbow Performance Score and the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Score.

Results: Osteosynthesis was performed by internal fixation with plates and screws and then a bone graft for non-union of the distal humerus fracture. The average range of motion within the elbow joints was found to be a flexion contracture of 18.8 degrees (0 ~ 30 degrees) and further flexion of 120.2 degrees (102 ~ 140 degrees). Among postoperative complications, three cases of medium-degree stiffness, two cases of medial column nonunion, and one case of dissociation of the internal fixator were reported.

Conclusion: Stable internal fixation for maintenance reduction status is essential after accurate initial anatomical reduction. We concluded that nonunion could be prevented by additional surgical treatment such as autogenous bone graft, if it is necessary.

Key Words: Distal humerus fracture, Nonunion, Surgical treatment

통신저자 : 강 호 정

서울시 강남구 도곡동 146-92, 강남세브란스병원 정형외과

Tel : 02-2019-3410 • Fax : 02-573-5393

E-mail : kijoon2@hanmail.net

접수: 2012. 7. 21

심사(수정): 1차 2012. 8. 20, 2차 2012. 9. 8

게재확정: 2012. 9. 11

Address reprint requests to : Ho-Jung Kang, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Gangnam Severance Hospital, 146-92, Dogok-dong, Gangnam-gu, Seoul 120-749, Korea

Tel : 82-2-2019-3410 • Fax : 82-2-573-5393

E-mail : kijoon2@hanmail.net

서 론

상완골 원위부 골절은 간부 골절에 비해 치료가 어려운 골절로 보고되고 있다. 적절한 치료에도 불구하고 이차적인 주관절 강직, 관절 주위 섬유화, 이소골화, 척골 신경염, 불유합 등의 합병증으로 많은 수의 환자에서 불만족스러운 결과가 보고되었다^{1,8,9,12,13,22}.

상완골 원위부 골절의 자연유합 및 불유합은 전체 원위부 골절의 약 2~10%로 보고되고 있다^{4,7,9,10,14~17,19,20,25}. 최근 문헌에서는 점차적인 수술적 술기의 발전으로 적절한 해부학적 정복 및 견고한 내고정을 시행하여 합병증의 최소화를 도모하는 것이 치료의 경향이다^{1,7,8,12,13}.

이전의 보고에서는 상완골 원위부 골절의 증례 및 이의 추가 수술적 치료에 대한 증례만을 종합한 보고가 없었으며, 이에 저자들은 2005년부터 2010년까지 상완골 원위부 골절 불유합으로 수술적 치료를 시행한 7예의 환자들에 대해 수상 원인, 방사선 소견, 치료 결과 및 예후 등 임상적 추시 결과를 후향적으로 분석하였다.

대상 및 방법

총 7예 중 남자 1명, 여자 6명이었으며, 수상 당시 평균 나이는 52.6세(26~69세)였다. 불유합은 단순 방사선사진 및 전산화단층촬영으로 확인하였으며, 불유합 원인 분석을 위해 일차 수술 시의 수술 후 정복 정도, 내고정 상태, 골결손 유무, 자가골 이식 여부 등을 평가하였다.

일차적 수술방법으로는 비관혈적 정복 및 강선 고정술이 2예, 1개의 금속판을 이용한 내과 고정이 1예, 이중 금속판 고정술 및 동종 골이식 2예, 단순 이중 금속판 고정술 1예, 자료 확인 불가능이 1예였다(Table 1).

불유합에 대한 수술 방법으로는 2예에서 이중 금속판 고정술을 시행하였고, 내과 금속판 교체가 2예, mini-locking 금속판 고정이 1예, 단순 동종골편 이식 추가 1예, 인공관절 전치환술이 1예였다. 각각 자가골편 이식 5예, 자가 및 동종 골이식 1예를 동반 시행하였다. 추가적인 수술로 내과에 대한 추가 금속판 고정술, 관절 유리술 및 동종 골이식 1회 및 관절 유리술 1회를 추가 시행하였다. 인공관절 치환술 증례의 추시 중 근위부 인공 고정물 해리가 관찰되어 재치환술을 추가로 시행하였다(Table 1).

일차 수술 후 불유합 진단까지의 평균 기간은 7.4개월(4~16개월)이었다. 최종 추시 기간은 평균 24.6개월(12~65개월)이었으며, Mayo Elbow Performance Score (MEPS)와 Disability of Arm, Shoulder and Hand Score (DASH)를 이용하여 기능 평가를 시행하였다(Table 2).

Table 1. Data on 7 Patients with Nonunion of the Distal Humerus

	Sex / age on trauma	BMD (T-score)	Trauma mechanism	Accompanying injury	Initial fracture type (AO)	Initial operation	Post-nonunion operation	Complication	Additional operation	F/U period/period until Dx of non-union (mo)
1	F/27		Snow boarding	-	C2	OR/IF (uncertain)	OR/IF c AIBG	Stiffness	Additional plating+arthrolysis	65/5
2	F/70	BMD -2.8	Slip and fall		C2	Posterior 2 Acumed® plates with only Allo bone graft	Additional double Acumed® plate+AIBG			16/6
3	F/30		Snow boarding	Median nerve palsy	C2	O/R & I/F c 90~90 plate (transferred)	Plate change for medial condyle c AIBG			33/16
4	F/46		Falling	Fx. Mid shaft of calvicle, both	C3	Posterior Acumed® & distal humerus anatomical plate	Osteosynthesis with autologous olecranon bone graft to distal humerus site	Stiffness		14/9
5	F/69	BMD -3.1	Slip and fall	DRUJ instability	C3	Posterior 2 Acumed® plate with allo bone graft	Total elbow arthroplasty	Hardware failure	Humeral component replacement	26/4
6	F/63	BMD -3.0	Slip and fall		C3	OR & IF c 2 screws & allo bone graft (transferred)	Double plating c AIBG	Stiffness		12/6
7	F/65				A3	Pinning c splint (transferred)	Mini-locking plating c AIBG	Stiffness		13/6

BMD: Bone mineral density, F: Female, OR/IF: Open reduction and internal fixation, AIBG: Autologous iliac bone graft, Fx.: Fracture, DRUJ: Distal radioulnar joint, F/U: Follow-up, Dx: Diagnosis.

결 과

1. 수상 원인

수상 원인으로는 1예에서 추락사고로 수상하였으며, 운동 중 수상이 2예로 모두 스노우보드 주행 중 수상하였고 3예는 미끄러지며 넘어져 수상하였으며 나머지 1예는 보행 중 자전거와 부딪혀 수상하였다. 손상 기전으로 볼 때 강한 외력에 의한 고에너지 수상이 4예였으며, 나머지 3예는 비교적 저에너지 수상으로 판단되었다. 타 병원에서 일차 치료 후 전원된 사례가 4예, 본원에서 일차 치료 및 추가 수술을 시행한 사례는 3예였다(Table 1).

2. 골절 및 불유합의 분류

수상 당시 AO 골절 분류로는 관절면을 침범하지 않는 type A3가 1예, 관절면을 침범한 C형 중 C2가 3예, C3가 3예였다(Table 1). 이후 추시 관찰한 불유합의 분류로는 이전의 Mitsunaga 등¹⁷⁾이 분류한 방법에 따라, 내측주 불유합이 5예, 양측주 불유합이 2예 관찰되었다.

3. 합병증

수술 후 합병증으로는 중등도의 관절강직이 3예, 내과 불유합이 2예, 주두골의 불유합으로 인한 절골술이 1예였고, 1예의 인공관절 치환술 환자에서는 내고정물의 해리가 관찰되었다.

4. 술 후 평가

60세 이상의 환자에서 술 전 시행한 골밀도 검사에서 T-score가 각각 -3.1, -2.8, -3.1으로 중증도의 골다공

증 소견이 있었다. 전체 환자의 수술 후 주관절의 평균 관절운동 범위는 굴곡 구축 18.8° (0~30°), 후속 굴곡 120.2° (102~140°)였다. 기능 평가로 MEPS는 일차 수술 후 평균 45점에서 마지막 추시 결과 72.1점으로 상승하였으며, DASH는 일차 수술 후 평균 36.8점에서 27.1점으로 호전된 결과를 보였다(Table 2).

5. 증례

타 병원에서 2회의 수술적 치료 및 1회의 동종 골이식을 시행받은 1예에 대해 내고정물 제거, 이중 금속판 고정술 및 자가골 이식술을 통해 유합을 얻었으며 관절구축은 관찰되지 않았다(Fig. 1). 가장 고령인 1예에서는 인공관절 치환술을 시행하였으나 추시 중 근위부 인공 고정물 해리가 관찰되어 재치환술을 추가로 시행하였다(Fig. 2).

고 찰

상완골 원위부 골절의 불유합은 비교적 드물게 발생되는 합병증이다. 1884년 독일의 Association for the Study of Internal Fixation의 대규모 연구에 따르면 412명의 환자에서 상완골 골절의 불유합 사례는 5.2%의 결과를 보고하고 있으며, 또한 기존의 연구에서도 통상적으로 약 2~10%

Table 3. Causes of Non-union

Causes	Case (n)
Incomplete reduction	4
Unstable fixation	5
Inappropriate BG	5
Old age with osteoporosis	3

BG: Bone graft.

Table 2. Post-operative Evaluation

	ROM pre op.	ROM (last F/U) post op.	MEPS pre op.	MEPS post op.	DASH pre op.	DASH post op.
1	30~100°	20~120°	45	70	37.2	23.3
2	0~125°	0~135°	55	75	30.8	21.2
3	0~140°	0~140°	70	90	25.5	15.4
4	35~110°	27~102°	40	70	34.4	25.8
5	30~90°	25~110°	40	75	43.3	32.4
6	15~125°	30~115°	35	65	41.2	33.8
7	25~120°	30~120°	30	60	45.7	38.4
Average	19.2~115.7°	18.8~12.2°	45	72.1	36.8	27.1

ROM: Range of motion, pre op.: Pre-operative, post op.: Post-operative, F/U: Follow-up, MEPS: Mayo Elbow Performance Score, DASH: The Disability of Arm, Shoulder and Hand Score.



Fig. 1. (A) A 70-year-old woman who had a closed AO type-C2 fracture.

(B) The patient was treated with internal fixation with two plates and screws and allogeneous bone graft.

(C) Follow-up at 6 months after an initial treatment by open reduction and internal fixation using two Acumed® plates with allo bone graft. The anteroposterior and lateral radiographs reveal a nonunion of the medial condyle with a slight callus (arrows).

(D) Radiographs made 10 months after treatment of the non-union by internal fixation with additional double Acumed® plates and autologous iliac bone-grafting. The anteroposterior and flexion-extension radiographs show good healing and the functional results were good.

빈도로 보고되고 있다. 위치에 따라 5가지 분류, 즉 원위부(supracondyle), 과간부(intercondyle), 외과 및 내과, 횡과(transcondyle) 골절로 분류하기도 한다^{1,2,11)}. 본 연구에서는 내측주 불유합이 4예, 양측주가 2예, 과간부가 1예 관찰되었다. 초기 골절 형태는 AO 골절 분류로 type A3가 1예, C2가 3예, C3가 3예였고, 이를 통해 복잡한 골절일수록 불유합의 발생 확률이 높음을 알 수 있었다.

본 증례 분석에서 불유합의 원인으로 추정된 근거로 일차 수술 시의 수술 후 정복 정도, 내고정 상태, 골결손 유무, 자가골 이식 여부 등을 평가하였다. 3예에서 부정확하게 정복이 되었으며, 이 중 타 병원에서 시행한 1예는 두

개의 강선 고정술만 시행한 예였다. 내고정 상태에 대해서 5예에서 불완전한 고정이 관찰되었으며, 특히 90도 금속판을 사용한 1예에서는 내측 골변연부에 일치하지 않았으며 양 끝단 나사의 고정력이 전혀 없음이 관찰되었다. 또한 1예에서는 외측 변연부에 1개의 금속판만 고정하여 내측부의 고정을 전혀 시행하지 않았다. 1예를 제외한 6예에서 일차 수술시 골결손이 관찰되었으며, 골량이 부족한 내측주의 골결손이 발견되었다. 결과적으로 내측주의 불유합이 4예에서 관찰되어 내측주 불유합에 대한 추가적인 금속판 고정 및 자가골 이식만을 2예에서 시행한 바 있다. 이는 해부학적으로 외측주에 비해 단면적이 좁아 골량이 상대적



Fig. 2. (A) A 69-year-old woman sustained a closed AO type C3 fracture.

(B) The patient was treated with open reduction and internal fixation with plates and allogeneous bone-grafting.

(C) Follow-up at 6 months after initial treatment. The anteroposterior and lateral radiographs showing the nonunion of the medial condyle and breakage of the plate (arrows).

(D) The patient was treated with total elbow arthroplasty.

으로 적고 분쇄 형태가 심한 경우에 불유합의 가능성이 높은 것으로 생각한다. 초기 수술시 복합골절이고 그 정복과 고정인 힘든 증례일지라도 내측주의 고정에 대하여 더욱 세심한 주의를 기울여야 할 필요성이 강조된다. 실제로 후향적인 분석 결과, 본원에서 시행한 초기 수술 후 방사선 사진상 내측주의 부정확한 정복이 관찰되고 있으며, 골결손이 남아 있음을 관찰할 수 있었다. 초기 수술 시 내측주 골결손에 대한 자가골 이식을 시행하거나, 골결손이 심하지 않는 경우라도 더욱 정확한 해부학적 정복과 안정화된 고정을 시행하였다면, 불유합의 빈도가 줄었을 것으로 생각된다. 또한 전체 7예 중 2예에서만 동종 골이식만을 시행하였으며 골결손이 있음에도 불구하고 5예에서는 골이식을 시행하지 않았다. Otsuka 등¹⁹⁾은 견고한 내고정 및 부가적인 자가골 이식술을 통해 83%에서 100%에 이르는 높은 골유합률을 보고한 바 있으며 본 저자들의 경우에도 금속판을 이용한 내고정 및 자가장골 이식술을 시행하여 인공관절 치환술 외의 나머지 전례에서 완전한 골유합을 얻

을 수 있었다. 따라서 추가 수술 시 자가골 이식은 골유합의 필수요소라고 판단된다. 또한 60세 이상의 고령에서 중증도 이상의 골다공증을 동반한 경우는 3예(평균 T-score -2.96)로 이미 기존의 연구에서 보고된 바와 같이 골다공증의 동반이 골유합을 지연시키거나 불유합을 증가시킬 수 있었다. 결론적으로 일차수술 후 추정되는 불유합의 원인은 부정확한 정복이나 불안정한 내고정, 특히 내측주에 대한 견고한 고정의 부족, 골소실 부위에 대해 골이식을 시행하지 않은 점, 골다공증의 동반으로 추정해 볼 수 있다(Table 3). 원위 상완골 골절에서 유합이 제대로 이루어지기 위해서는 수술적 치료에 불유합 발생의 원인이 되는 모든 요소를 고려해야 할 필요가 있다. 또한 강직된 주관절의 완전한 운동 회복은 물론 불유합 부위의 골이식을 통해 안정적으로 고정해야 한다는 점이 중요하겠다.

본 연구에서는 골유합을 성공적으로 끝낸 후에도 기능적으로 장애가 있는 경우가 많았다^{17,11)}. 5예에서 유합 후에 평균 주관절운동 범위가 26.4~113.4°로 부분 강직의 병발

증을 동반하였다. 주관절의 강직 상태는 다양한 요소의 영향을 받는다. 관절내 유착(intra-articular adhesion), 골의 부조화(osseous incongruence), 관절외 유착(extra-articular fibrosis), 인대 및 근육 구축도 있다. 주관절이 점차 강직되면서 제한된 움직임으로 인해 운동 시 힘이 유합 과정의 골절 부위에 집중되어 유합을 저해하게 된다. 그러므로 조기 관절운동으로 관절의 강직을 예방하여 힘의 집중을 관절 전반으로 다시 분배시킴으로서, 골유합의 안정성을 유지시킬 수 있다. 따라서 조기 관절운동은 관절의 강직 예방을 위해 유합 과정에 중요한 필요 조건이 된다. Ring과 Jupiter²²⁾는 15명의 환자에서 견고한 내고정 및 골이식과 함께 관절 유리술을 시행함으로써 운동 범위 제한을 감소시키고, 조기 관절운동을 통해 전례에서 성공적인 치료 결과를 얻었음을 보고한 바 있다.^{3,5,6,21,24)}

상완골 불유합의 수술적 치료의 다른 방법에는 절제적 관절 치환술, 인공관절 전치환술, 관절 유합술, 동종골 교체 등이 있다. 이들 각각의 방법을 통해 통증을 줄일 가능성이 있지만, 기능적 결과는 예측하기가 쉽지 않다. 절제적 관절 치환술에는 불안정과 쇠약함의 문제가 있으며, 원위부 불유합 단계에서는 효과가 없다. 또한 이 방법에서는 측부 인대의 희생이 필요하다.^{5,23,25)} Morrey 등¹⁸⁾의 보고에서는 전체 주관절 인공관절 치환술은 안정적인 수술적 고정과 내부 고정이 불가능하거나 관절 표면이나 관절 해부 구조가 구조 여건이 아닌 경우에만 활용되어야 한다고 주장했다.^{14,18)} 인공관절 전치환술에서는 운동 기능의 상당한 개선을 보였지만, 이것은 고령의 환자가 선택할 수 있는 선택 사항이며 위험성도 많고 합병증 발생의 비율도 높다. 상완골 원위부 불유합 단계에서 불유합 치료를 위한 인공관절 전치환술은 제한요소가 필요할 수 있으며, 골보존이 부족하여 느슨하게 될 위험성이 매우 높고 기술적으로도 어렵다.¹⁸⁾

본 연구의 환자 모든 예에서 유합을 얻었지만, 유합에도 불구하고 부분적 운동 장애가 있는 사례가 7예 중 5예에서 관찰되었다. 이는 상완골 원위부 골절의 구조적인 특징과 치료의 어려움을 여실히 보여주는 것이다.

결 론

상완골 원위부 골절에 대한 일차수술 후 불유합의 원인은 부정확한 정복이나 불안정한 내고정, 골 소실 부위에 대해 골이식을 시행하지 않은 점, 골다공증의 동반으로 추정되었다. 특히 4예에서 관찰된 내측주 불유합은 해부학적으로 외측주에 비해 단면적이 좁아 골량이 상대적으로 적어 불유합의 가능성이 높은 것으로 생각된다.

불유합 이후 추가 수술시 적절한 고정 및 골이식을 통하

여 기능 평가상 비교적 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었으나, 유합 후에도 부분적 관절강직 등 기능 장애가 동반되었다. 근본적으로 상완골 원위부 골절의 불유합을 예방하기 위해서는 일차 수술 시에 정확한 해부학적 정복과 유지가 우선시되어야 하며, 특히 내측주에 대한 고정에 더욱 세심한 주의가 필요하다. 또한 골결손에 대해 자가골 이식 등의 적절한 추가 수술적 치료가 필수적인 것으로 생각된다. 그리고 유합이 지연되어 추가 수술을 진행하게 될 경우에는 세심한 수술 전 준비 및 충분한 노출, 자가골 이식 등을 통하여 견고하게 고정하는 것이 필요하겠다.

참 고 문 헌

- 1) Ackerman G, Jupiter JB: Non-union of fractures of the distal end of the humerus. *J Bone Joint Surg Am*, **70**: 75-83, 1988.
- 2) Brown RF, Morgan RG: Intercondylar T-shaped fractures of the humerus. Results in ten cases treated by early mobilisation. *J Bone Joint Surg Br*, **53**: 425-428, 1971.
- 3) Bryan RS, Bickel WH: "T" condylar fractures of distal humerus. *J Trauma*, **11**: 830-835, 1971.
- 4) Caja VL, Moroni A, Vendemia V, Sabato C, Zinghi G: Surgical treatment of bicondylar fractures of the distal humerus. *Injury*, **25**: 433-438, 1994.
- 5) Cassebaum WH: Operative treatment of T and Y fractures of the lower end of the humerus. *Am J Surg*, **83**: 265-270, 1952.
- 6) Evans EM: Supracondylar-Y fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg Br*, **35-B**: 371-375, 1953.
- 7) Helfet DL, Kloen P, Anand N, Rosen HS: Open reduction and internal fixation of delayed unions and nonunions of fractures of the distal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am*, **85-A**: 33-40, 2003.
- 8) Helfet DL, Schmeling GJ: Bicondylar intraarticular fractures of the distal humerus in adults. *Clin Orthop Relat Res*, **(292)**: 26-36, 1993.
- 9) Henley MB, Bone LB, Parker B: Operative management of intra-articular fractures of the distal humerus. *J Orthop Trauma*, **1**: 24-35, 1987.
- 10) Hoppenfeld S, deBoer P: Surgical exposures in orthopaedics: the anatomic approach. 4nd ed. Philadelphia, Lippincott: 73-110, 2009.
- 11) Horne G: Supracondylar fractures of the humerus in adults. *J Trauma*, **20**: 71-74, 1980.
- 12) Jupiter JB: Complex fractures of the distal part of the

- humerus and associated complications. Instr Course Lect, **44**: 187-198, 1995.
- 13) **Jupiter JB, Neff U, Holzach P, Allgöwer M**: Intercondylar fractures of the humerus. An operative approach. J Bone Joint Surg Am, **67**: 226-239, 1985.
 - 14) **Kinik H, Atalar H, Mergen E**: Management of distal humerus fractures in adults. Arch Orthop Trauma Surg, **119**: 467-469, 1999.
 - 15) **Kundel K, Braun W, Wieberneit J, Rüter A**: Intraarticular distal humerus fractures. Factors affecting functional outcome. Clin Orthop Relat Res, **(332)**: 200-208, 1996.
 - 16) **Lob G, Burri C, Feil J**: Operative treatment of distal intra-articular humerus fractures; results of 412 follow-up cases (AO-collected statistics). Langenbecks Arch Chir, **364**: 359-361, 1984.
 - 17) **Mitsunaga MM, Bryan RS, Linscheid RL**: Condylar nonunions of the elbow. J Trauma, **22**: 787-791, 1982.
 - 18) **Morrey BF, Bryan RS, Dobyns JH, Linscheid RL**: Total elbow arthroplasty. A five-year experience at the Mayo Clinic. J Bone Joint Surg Am, **63**: 1050-1063, 1981.
 - 19) **Otsuka NY, McKee MD, Liew A, et al**: The effect of comorbidity and duration of nonunion on outcome after surgical treatment for nonunion of the humerus. J Shoulder Elbow Surg, **7**: 127-133, 1998.
 - 20) **Papaioannou N, Babis GC, Kalavritinos J, Pantazopoulos T**: Operative treatment of type C intra-articular fractures of the distal humerus: the role of stability achieved at surgery on final outcome. Injury, **26**: 169-173, 1995.
 - 21) **Regel G, Seekamp A, Blauth M, Zuleger A, Tscherne H**: Elbow para-articular pseudarthrosis. Etiology and treatment. Unfallchirurg, **101**: 193-200, 1998.
 - 22) **Ring D, Jupiter JB**: Complex fractures of the distal humerus and their complications. J Shoulder Elbow Surg, **8**: 85-97, 1999.
 - 23) **Sanders RA, Sackett JR**: Open reduction and internal fixation of delayed union and nonunion of the distal humerus. J Orthop Trauma, **4**: 254-259, 1990.
 - 24) **Scharplatz D, Allgöwer M**: Fracture-dislocations of the elbow. Injury, **7**: 143-159, 1975.
 - 25) **Söderågrd J, Sandelin J, Böstman O**: Postoperative complications of distal humeral fractures. 27/96 adults followed up for 6 (2-10) years. Acta Orthop Scand, **63**: 85-89, 1992.