

상완골 근위부 골절의 분류와 치료방침의 결정

울산의대

김 성 연

I. 해부학적 구조

상완골 근위부는 상완골 두, 대결절, 소결절과 상완 간부로 구성되며 해부학적 경부는 상완골 두와 결절들과의 경계 부위에 해당하고 외과적 경부는 대결절과 소결절의 하단 부위를 일컫는다. 상완골 두의 주 혈류 공급원은 전 상완 회선 동맥(anterior humeral circumflex artery)에서 분지된 전외 동맥(anterolateral artery)으로 arcuate artery 형태로 뼈를 뚫고 들어가 상완골 두 대부분의 혈액을 공급하며¹⁵⁾, 후 상완 회선 동맥(posterior humeral circumflex artery)의 분지인 후내 동맥(posteromedial artery)이 대결절과 상완골 두의 후하방 일부의 혈액 공급을 담당한다⁶⁾. 전 상완 회선 동맥과 후 상완 회선 동맥은 견갑하 동맥(subscapular artery), 상견갑 동맥(suprascapular artery), 흉견봉 동맥(thoracoacromial artery) 등과 함께 망상 구조를 형성하여 견관절에 다량의 collateral circulation이 존재하게 한다.

II. 분류

상완골 근위부 골절은 비전위성 혹은 경미한 전위 골절이 대부분을 차지하며 전위 골절과는 치료 방법에서 차이가 크기 때문에 구별이 필요하다.

상완골 근위부 골절의 분류는 Kocher (1986년), Watson-Jones (1955년), Codman (1934년) 등에 의해 여러 분류 방법이 발표되었으나, Neer의 four-part classification이 가장 널리 사용되고 있다 (Fig 1)¹⁷⁾.

Neer는 해부학적 구조와 작용하는 생역학적 힘의 방향에 따라 상완골 근위부를 해부학적 경부(상완골 두), 대결절, 소결절과 외과적 경부(상완 간부)의 4 부분으로 구분하고 4 개의 골편의 위치에 따라 2-, 3-, 4-분 골절과 2-, 3-, 4-분 골절 탈구로 분류하였다. 견관절 전성 전후면 및 측면 촬영(anteroposterior and lateral view in the scapular plane)과 액와 촬영(axillary view)를 이용하여 골편의 위치를 확인하여 골절선의 수와는 상관 없이 1 cm 이상의 전위 및 45도 이상의 각 변형을 보이는 경우 전위 골절로 분류하였다. 이와 함께 상완골 두 분열 골절(head-splitting fractures)과 상완골 두 관절면 감입 골절(impression fractures of articular surface)을 따로 분류하였다.

최근에 Neer 분류법의 intraobserver 및 interobserver reliability에 대한 의구점이 제기되고 있으나¹⁴⁾ 현재까지 가장 널리 사용되고 있다.

이외에 관절면의 혈액 공급 여부에 중점을 둔 AO 분류법이 있으나 (Fig 2), 분류 방법이 복잡하고 장기적인 예후와의 관계가 불분명하여 잘 사용되지 않는다.

Displaced Fractures

	2-part	3-part	4-part	Articular Surface
Anatomical Neck				
Surgical Neck				
Greater Tuberosity				
Lesser Tuberosity				
Fracture-Dislocation				
Head-Splitting				

Fig. 1. Neer classification of proximal humeral fractures

A	A1	A2	A3
	B1	B2	B3
	C1	C2	C3

Fig. 2. AO classification of proximal humeral fractures

III. 빈도

상완골 근위부 골절은 전체 골절의 4~5%와 상완골 골절의 45%를 차지한다. 상완골 근위부 골절은 대부분 (85%)이 1분 골절 혹은 경미한 전위 골절이며, 약 15~20%가 전위 골절로 분류된다. 상완골 근위부 골절은 골다공증 (osteoporosis)과 밀접한 연관성이 있으며^{10,23)}, 나이가 증가할수록 여자일수록 발생이 증가하는 것으로 보고되고 있다¹⁰⁾.

IV. 임상 증상

동통, 종창, 압통을 호소하고 염발음과 피하 출혈이 관찰된다.

신경 및 혈관 손상에 대한 자세한 관찰이 매우 중요하다. 상완 신경총과 액와 동맥 손상은 비전위 골절에서도 발생할 수 있으므로⁹⁾, 말초 부분의 맥박 확인 및 감각 이상이나 소실을 확인해야 한다. 가장 흔한 신경 손상은 액와 신경 손상으로²⁷⁾, 종종 골절 후 나 수술 후 단순 방사선 사진에서 상완골 두의 하방 아탈구가 관찰되는데 이러한 경우의 대부분은 삼각근의 이완 (deltoid atony)이 원인인 경우가 대부분으로 액와 신경 손상과의 구별이 중요하다²⁰⁾.

상완골 근위부의 골절-탈구는 초기에 진단이 간과되기 쉬우며 특히 후방 골절 탈구의 50%가 초기 진단에서 누락된다고 알려져 있다⁸⁾. 후방 탈구는 외양상 견관절의 앞부분이 편평해지고 뒷부분이 볼록해지며 동통으로 인한 외회전 및 외전의 제한을 보인다. 특히 정신발작이나 전기적

충격의 기왕력이 있는 경우 견관절의 동통과 종창을 호소하면 후방 탈구 및 후방 탈구-골절을 의심해야 한다.

V. 감별 진단

출혈성 점액낭염, 외상성 회전근 개 파열, 단순 탈구, 견봉쇄골 관절 탈구, 석회화성 건염 및 병적 골절과의 감별이 필요하다.

VI. 방사선적 소견

견관절 전성 전후면 및 측면 촬영(anteroposterior and lateral view in the scapular plane)과 액와 촬영(axillary view)로 구성되는 외상 촬영법(trauma series)이 권장된다.

특히 액와 촬영은 대결절과 소결절의 전위 정도, 관절와 변연부 골절, 상완골 두 관절면 골절 및 탈구의 유무를 평가하는데 중요하다²⁰⁾. 이외에 tomogram이나 CT 등이 이용되기도 한다.

VII. 치료

대부분의 상완골 근위부 골절은 경미한 전위 골절로서 비수술적 치료로 만족한 결과를 얻을 수 있다. 그러나 심각한 전위 골절이나 분쇄상을 동반한 경우에는 치료에 어려움이 많아 골절에 대한 정확한 분석 및 이에 따른 치료 방침의 결정이 매우 중요하다. 수술적 치료 방법으로는 도수 정복, 석고 고정, 경피적 핀 고정술, 관형적 정복 및 내고정술과 상완골 두 치환술 등이 알려져 있으며 모든 골절을 한가지 방법에 의존하여 일률적으로 치료하려는 생각은 옳지 못하다. 환자의 나이, 우세 상지의 여부, 동반 손상, 골절 형태, 전위의 정도, 골의 질 등을 고려하여 각각의 양상에 따라 이에 맞는 적절한 치료 방법을 결정하는 것이 바람직하다²¹⁾.

1. Initial immobilization and early motion.

경미한 전위 골절에서 초기 고정 후 조기 운동을 시행한 경우에서 약 80%의 만족한 결과가 보고되고 있다²¹⁾. 정복이 유지되는 안정 골절인 경우, 골절 후 동통이 감소하는 시기인 약 7~10일 경부터 환자가 견딜 수 있는 한도 내에서 조심스럽게 관절 운동을 시작한다. 골절 후 2주가 경과한 후에 관절 운동을 시작한 경우에서 관절 운동의 제한 및 일상 생활 기능의 저하가 보고되고 있으며²²⁾, Bertoft 등¹⁾은 수상 후 3~8 주 경에 관절 운동 범위의 증가가 현저하였다고 보고하고 있다. 반면에 환자나 골절의 상태를 고려하지 않고 일률적으로 시행하는 조기의 무리한 운동은 전위를 증가시키고 불유합이나 부정 유합의 위험성을 증가시킨다.

2. Closed Reduction

반복적인 무리한 도수 정복은 전위를 악화시키거나 골절편의 분쇄 및 신경과 혈관의 손상을 유발한다. 근 이완제나 안정제를 사용하여 적절한 이완 상태에서 도수 정복을 하는 것이 바람직하며 정복 후 골절이 불안정하면 골편의 안정화를 위한 추가적인 수술적 술기가 필요하다.

- 1) 해부학적 경부 2분 골절: 해부학적 경부 골절은 매우 드물게 발생하나 상완골 두로 가는 혈류가 완전히 차단되기 때문에 예후가 나쁘다. 도수 정복으로는 치료가 어렵다.
- 2) 외과적 경부 2분 골절: 대부분 대흉근 (pectoralis major)에 의해 간부는 내측으로 전위되고 상완골 두는 중립위로 놓이게 된다. 상완을 팔의 종축에 평행한 방향으로 견인한 상태에서 굴곡 및 내전을 하면서 간부의 근위부를 후방으로 눌러 정복을 시도한 다음 다시 약간 외전시킨 상태에서 정복을 유지한다. 골절의 정복 후에 안정성이 유지되면 견관절 외고정대를 이용하여 약 3주간 골절 부위를 보호한다. 정복이 안 될 경우에는 골절 부위에 근육이나 관절막, 상완 이두 장두건의 끼임을 의심하고 이러한 경우에는 관혈적 정복 및 내고정을 시행한다. 분쇄상 골절이라도 전위가 없거나 안정 골절인 경우는 보존적 방법으로 치료가 가능하며 전위를 보이거나 불안정 골절에서는 정복 및 고정이 필요하다.
- 3) 대결절 2분 골절: 대결절의 골편은 후방 및 상방으로 전위되며 전방 탈구와 동반된 대결절의 2분 골절은 전방 탈구를 정복하면 대결절의 골편도 제 위치로 정복되는 경우가 대부분이다. 그러나 정복 후에도 5 mm 이상의 전위를 보이는 경우에는 수술적 치료가 필요하다.
- 4) 소결절 2분 골절: 골절편이 작거나 내회전을 방해하지 않으면 도수 정복만으로 치료가 가능하다. 정복 후 약간의 외회전 위치에서 고정을 유지한다.
- 5) 3분 골절: 3분 골절은 대부분 골다공증을 가진 고령층에서 발생하며 도수 정복 후 골절편의 분쇄상이 악화될 가능성이 높기 때문에 반복적인 도수 정복은 피하여야 하며 동통과 부정 유합 및 무혈성 괴사의 발생률이 높아 도수 정복의 치료 결과도 불량한 것으로 보고되고 있다²⁾.
- 6) 4분 골절: 외회전근에 의해 대결절은 후상방으로 전위되고 견갑하근에 의해 소결절은 전내측으로 전위되며 대흉근이 상완 간부를 내측으로 전위시키고 상완골 두는 간부에 갇히거나 경우에 따라 각각 외측 또는 전방, 후방, 하방으로 전위되는 양상을 보이는 4분 골절은 무혈성 괴사의 발생률이 13~34 %로 비교적 높게 보고되고 있으며¹⁹⁾ 부정 유합과 퇴행성 관절염의 발생 빈도도 높다. 도수 정복의 치료 결과는 좋지 않다.
- 7) 감입 골절: 수상 후 2~3주 이내의 골절로 상완골 두의 20% 이하를 침범한 경우에서 도수 정복을 시도해 볼 수 있다.

3. Percutaneous pins and External fixation

경피적 핀 고정은 도수 정복 후 골절이 불안정한 경우에 시행할 수 있으며 외과적 경부의 2분 골절의 치료에 매우 유용하다. 고정은 terminally threaded pin이나 cannulated screw를 이용하여 고정된 후 약 3 주간 견관절 외고정대를 이용하여 수술 부위를 보호한다. 외부 고정기는 신경 및 혈관 손상의 위험성이 높고 골절 부위가 견인되어 불유합이 발생할 위험성이 높다.

4. Plaster splints and Casts

일반적으로 hanging cast나 splint는 골절편을 견인하여 부정 유합 및 불유합을 유발하는 경향이 높아 상완골 근위부 골절에서의 사용은 권장되지 않는다.

5. Open Reduction and Internal Fixation

도수 정복이나 외부 고정만을 시행하는 경우는 변형을 교정하거나 정복 상태를 유지하는데 불충분한 경우가 많다. 내고정의 방법은 골절의 양상, 골의 질 및 연부 조직의 상태, 나이 등 여러 요소를 감안하여 결정하여야 한다. 내고정의 목적은 조기 운동이 가능한 안정된 정복의 유지에 있다. 근래에는 연부 조직에 최소한의 손상을 주는 제한적 접근법으로 최소한의 내고정물의 사용이 권장되고 있다⁹⁾.

- 1) 해부학적 경부 2분 골절: 일부 젊은 환자에서 관혈적 정복과 내고정의 시도가 권장되며 상완골 두의 골편이 작아 내고정이 어려운 경우에는 상완골 두 치환술이 적응이 된다. 고령의 환에서는 일차적인 상완골 두 치환술이 권장된다.
- 2) 외과적 경부 2분 골절: Nails이나 rods를 이용한 골수강내 고정이나 금속판, 강선 및 비흡수성 봉합사를 이용한 고정, 다발성 핀을 이용한 고정 방법 등이 있다. Nails이나 rods를 이용한 골수강내 고정은 회전 변형(rotation)을 바로잡기에는 부적합하며 견봉하에서의 충돌(impingement)을 일으키거나 고정물이 골절면에서 빠져 나오는 합병증이 있다²⁴⁾. AO 금속판은 만족할 만한 결과를 보고하고 있으나 주변 연부 조직에 손상을 크게 줄 수 있고 골의 질이 약한 경우에는 나사못 고정이 불리한 단점이 있다. 최근에는 이러한 단점들을 보완한 새로운 형태의 blade plate나 locking plate가 개발되었으나 장기 추시의 결과는 아직 불확실하다. 저자들에게 따라서 강선이나 비흡수성 봉합사를 이용하여 figure of eight tension band technique로 고정하는 방법이 만족할 만한 결과를 보고하고 있다^{22,18)}.
- 3) 대결절 2분 골절: 대결절의 상방 및 후방 전위는 견관절의 거상 및 외회전의 제한을 유발하므로 5 mm 이상의 전위를 보이는 경우에는 관혈적 정복 및 내고정이 권장된다. 고정 방법으로는 나사못, 강선, 봉합사가 있으며 젊은 환자에서 크고 분쇄상을 동반하지 않는 골편에 대해서는 나사못 고정을, 고령 환자의 분쇄 골절에서는 비흡수성 봉합사를 이용한 고정이 권장된다.
- 4) 소결절 2분 골절: 골편이 크고 내회전에 방해가 되는 경우에는 관혈적 정복 및 내고정이 필요하다. 골편을 제거하고 견갑하 근을 골절 부위에 봉합하거나²⁶⁾, 골편을 나사못이나 비흡수성 봉합사를 이용해 고정한다.
- 5) 3분 골절: 관혈적 정복 및 내고정술이 최선의 치료로 알려져 있으며 수술 시에는 광범위한 절개를 피하고 연부조직의 박리를 최소화하는 것이 중요하다. 3분 골절을 관혈적 정복과 내고정을 한 경우에 무혈성 괴사가 12~25%까지 발생한 것으로 보고되고 있다⁷⁾. 내고정물로 AO 금속판은 3분 골절의 고정에 일반적으로 사용되어 왔으나 광범위한 연부조직의 손상과 이로 인한 무혈성 괴사, 금속판의 잘못된 위치 고정으로 인한 견봉하 충돌, 나사못 고정의 이완으로 인한 고정의 실패, 부정 유합 및 감염 등의 위험성이 높으며, 3분 및 4분 골절의 금속판 고정술을 시행한 55% 환자에서 불만족스런 결과를 얻은 것으로 보고되고 있다¹³⁾.

저자들에게 따르는 강선이나 비흡수성 봉합사를 이용하여 figure of eight tension band technique로 고정하는 방법으로 만족한 결과를 얻은 것으로 보고하고 있으며¹⁸⁾, Ender nail이나 rod를 이용한 골수강내 고정과 함께 시행하기도 한다. 연부 조직의 박리가 적고

내고정물의 제거가 필요 없는 장점이 있다.

- 6) 4분 골절: 4분 골절은 무혈성 괴사 및 부정 유합의 위험성이 높고 대부분 골다공증을 비롯한 골의 질이 좋지 않은 경우에서 발생하기 때문에 내고정 및 고정의 유지가 어려워 관혈적 정복 및 내고정의 결과는 불만족한 것으로 보고되고 있다. 대부분의 4분 골절의 치료로는 상완골 두 치환술이 권장되며 일부 탈구를 동반하지 않은 젊은 환자에서의 4분 골절에 대해서 내고정술이 시도 될 수 있다. 예외적으로 valgus impacted four-part fractures에서는 고전적인 4분 골절에 비해 상완골 두의 외측 전위가 경미하게 일어나기 때문에 후상완 회전 동맥의 분지인 후내 동맥이 손상 받지 않아 상완골 두의 혈액 공급이 유지되어 무혈성 괴사가 9% 정도로 낮은 것으로 알려져 있으며 다발성 편고정으로 74%의 만족한 결과를 보고하고 있다¹¹⁾.

6. Replacement Prosthesis

1953년 Neer에 의해 최초로 상완골 두 치환술이 보고된 이래, 치환물과 수술 수기에 대한 개선이 이루어져 왔으며 근래에는 다양한 head size로 주변 연부 조직과의 긴장도를 적절히 맞출 수 있는 modular hemiarthroplasty가 널리 사용되고 있다. 상완골 두 치환술은 내고정이 불가능한 해부학적 경부 골절, 골다공증이나 분쇄상을 동반한 고령 환자의 3분 골절 및 4분 골절, 상완골 두 분열 골절(head-splitting fractures), 상완골 두 관절면의 45% 이상을 침범한 갑입 골절의 치료로 권장된다. 수술 시에는 특히 치환물의 적절한 길이와 후염각 (약 30도) 위치에서의 고정과 결절과 결절 및 결절과 간부와의 튼튼한 고정에 유의해야 한다.

VIII. 골절-탈구

2분 골절-탈구의 초기 치료는 탈구의 도수 정복에 중점을 둔다. 탈구의 정복과 함께 골편이제 위치를 가지며 전위가 경미한 경우에는 보존적 치료를 시행한다. 전방 탈구인 경우에는 견관절 외고정대를 착용시키고 후방 탈구인 경우는 약간의 외회전 상태를 유지하여 고정대를 착용시킨다. 그러나 고령의 환자에서는 초기에 2분 골절-탈구로 진단되었더라도 도수 정복에 의해 동반된 비전위 골절이 악화될 위험성이 있고 3분 혹은 4분 골절-탈구의 경우에는 골편들의 정복과 탈구의 정복이 도수 정복만으로는 어려운 경우가 대부분으로 오히려 도수 정복에 의해 상완 신경총이나 혈관 손상을 유발할 수 있으므로 무리하거나 반복적인 탈구의 도수 정복은 피해야 한다. 2분 골절-탈구에서 탈구의 정복 후 골편이 전위를 보이는 경우나 3분 및 4분 골절-탈구의 치료로는 관혈적 정복 및 내고정이 권장된다²⁸⁾.

VIII. 합병증

1. 혈관 손상

드물게 발생하나 심각한 결과를 초래한다. 전위 골절에서 4.9%의 발생률이 보고되고 있으며 비전위 골절에서도 발생할 수 있으므로 전위가 심하지 않다고 하여 간과되서는 안된다. 연령이 증가할수록 위험성이 높다. 상완골 근위부 골절에 동반된 대부분의 액와 동맥 손상의 약 84%는

50세 이상에서 발생하며, 이중 53%는 상완 신경총 손상을 동반한다¹⁶⁾.

액와 동맥이 가장 흔히 손상되며 진단을 위해서는 손상 수지의 요골 동맥의 맥박 측정이 중요하다. collateral circulation으로 인해 주요 동맥이 손상되어도 27%의 환자에서 맥박이 촉진되는 것으로 보고되고 있다⁴⁾. 이상 감각(paresthesia)이 말초 혈액 순환의 이상을 나타내는 가장 중요한 소견으로 혈관 손상이 의심되면 Doppler 검사, Arteriography, Angiography등을 시행해 병변을 확인하는 것이 중요하며 손상이 확인되면 즉각적인 혈관 복구가 필요하다.

2. 상완 신경총 손상

액와 동맥과 함께 상완 신경총의 손상은 전방 골절-탈구나 심한 외상에 의해서 발생한다.

신경 손상은 초기 진단에서 간과되기 쉽다. 상완골 근위부 골절의 6.1%에서 신경 손상이 동반되는 것으로 알려져 있으며, 일부 저자들은 전위성 골절의 82%, 비전위 골절의 59%까지도 신경 손상이 발생하는 것으로 보고하고 있어 전체 상완골 근위부 골절의 67%에서 신경 손상을 동반하는 높은 발생 빈도를 보인다²⁷⁾. 가장 흔한 신경 손상은 액와신경(axillary nerve)의 손상이며(58%), 견갑상 신경(suprascapular nerve)의 손상이 48%이고 근피 신경(musculo cutaneous nerve) 손상의 순으로 발생한다²⁷⁾.

신경 손상은 약 4~5 개월 이내에 부분적 혹은 완전 회복을 보이는 경우가 많으나 수상 후 2~3개월까지 회복의 기미를 보이지 않는 액와 신경의 완전 손상은 수부 기능의 유지를 위해 조기의 수술적 치료가 권장된다⁵⁾.

3. 흉곽 손상

기흉이나 혈흉을 동반할 수 있다.

4. 관절 강직

수상 이나 수술 후에 적절한 신연 운동 등의 재활 치료가 이루어지지 않은 경우에 발생할 수 있다. 우선 점진적인 신연 운동을 시작하고, 호전이 없는 경우에는 개방적 혹은 관절경적 유착 박리술을 고려해 볼 수 있다.

5. 무혈성 괴사

전위된 3분 골절의 도수 정복 후 3~14%에서, 4분 골절의 13~34%에서 무혈성 괴사가 발생하는 것으로 보고되고 있으며⁷⁾, 괴사가 심한 경우에는 상완골 두 치환술을 시행한다.

6. 불유합

불유합은 hanging cast 등에 의한 과도한 견인에 의해 발생하거나 심각한 전위 골절, 분쇄 골절, 골절 부위에 연부 조직의 감입, 전신 질환, 과격한 운동 치료, 환자의 비협조 등에 의해서 발생할 수 있다. 또한 관혈적 정복술 및 내고정을 한 경우에 골의 질이 불량하거나 적절하지

못한 내고정, 감염 등에 의해서 발생하기도 한다. 동통이나 기능의 소실, 변형을 동반한 경우에서 수술적 치료가 적용되며 자가골 이식술과 함께 관혈적 정복 및 내고정을 하거나 상완골 두 치환술을 시행한다. 고령의 환자에서 증상이 경미하고 비우세 상지인 경우에는 보존적 치료를 고려할 수도 있다.

7. 부정 유합

결절이 전위된 상태에서 구축되고 과도한 반흔 조직의 형성과 함께 전위된 간부에 의해 수술이 어려운 경우가 대부분이다. 3분 골절 후 부정 유합은 무혈성 괴사나 외상성 관절염을 동반하는 경우가 많아 절골술 후 내고정이 어려운 경우가 대부분이다. 3분 및 4분 골절 후 부정 유합의 치료로는 상완골 두 치환술이 일반적으로 권장된다.

REFERENCE

1. Bertoft Es, Lundh I and Ringquist I: Physiotherapy after fracture of the proximal end of the humerus. Comparison between two methods. *Scand J Rehabil Med*, 16:11-16, 1984.
2. Clifford PC: Fractures of the neck of the humerus. Review of the late results. *Injury*, 12:91-95, 1980.
3. Cofield RH: Comminuted fractures of the proximal humerus. *Clin Orthop*, 230:49-57, 1988.
4. Cuomo F: Proximal humerus fractures in the elderly. *Inst Course Lec.*, #247, AAOS annual meeting, 1997.
5. DeLatt EAT, Visser CPJ, Coene LNJEM, Pahlplatz PVM, Tavy DLJ: Nerve lesions in primary shoulder dislocations and humeral neck fractures. *J Bone Joint Surg*, 76B:381-383, 1994.
6. Gerber C, Schneeberger AG, Vinh T: The arterial vascularization of the humeral head. *J Bone Joint Surg*, 72A:1486-1494, 1990.
7. Hagg O and Lundberg B: Aspects of prognostic factors in comminuted and dislocated proximal humeral fractures. In Bateman JE and Welsh RP (eds): *Surgery of the shoulder*. Philadelphia. BC Decker, 51-59, 1984.
8. Hawkins RJ, Neer CS II, Pianta RM and Mendoza FX: Locked posterior dislocation of the shoulder. *J Bone Joint Surg*, 69A:9-18, 1987.
9. Hayes MJ and Van Winkle N: Axillary artery injury with minimally displaced fracture of the neck of the humerus. *J Trauma*, 23:431-433, 1983.
10. Horak J and Nilsson B: Epidemiology of fracture of the upper end of the humerus. *Clin Orthop*, 112:250-253, 1975.
11. Jakob RP, Miniaci A, Anson PS, et al: Four-part valgus impacted fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg*, 73B:295-298, 1991.
12. Koval KJ and Zuckerman JD: Orthopedic challenges in the aging population. Trauma treatment and related clinical issues. *Instr Course Lect*, 46:423-430, 1997.
13. Kristiansen B and Christensen SW: Plate fixation of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand*, 57:320-323, 1986.
14. Kristiansen B, Andersen VLS, Olsen CA, Vermarken JE: The Neer classification of fractures of the proximal humerus. An assessment of interobserver variation. *Skeletal Radiol*, 17:420-422, 1988.
15. Laing PC: The arterial supply of the adult humerus. *J Bone Joint Surg*, 38A:1105-1116, 1956.

16. McLaughlin JA, Light R and Lustrin I: Axillary artery injury as a complication of proximal humerus fractures. *J Shouldr Elbow Surg*, 7:292-294, 1998.
17. Neer CS II: Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg*, 52A:1077-1089, 1970.
18. Park MC, Murthi AM, Roth NS, et al: Two-part and three-part fractures of the proximal humerus treated with suture fixation. *J Orthop Trauma*, 17:319-325, 2003.
19. Pilgaard S and Och Oster A: Four segment fractures of the humeral neck. *Acta Orthop Scand*, 44: 124, 1973.
20. Pritchett JW: Inferior subluxation of the humeral head after trauma or surgery. *J Shoulder Elbow Surg*, 6:356-359, 1997.
21. Rasmussen S, hvass I, dalsgaard J, et al: Displaced proximal humeral fractures. Results of conservative treatment. *Injury*, 23:41-43, 1992.
22. Roockwood CA Jr, Matsen FA III, Wirth MA and Lippitt SB: The shoulder, 3rd ed., Fractures of the proximal humerus. 355-412, 2004.
23. Rose SH, Melton LJ, Morrey BF, et al: Epidemiologic features of humeral fractures. *Clinic Orthop*, 168:24-30, 1982.
24. Ruch DS, Glisson RR, Marr AW, et al: Fixation of three-part proximal humeral fractures. A biomechanical evaluation. *J Orthop Trauma*. 14:36-40, 2000.
25. Sidor ML, Zukerman JD, Lyon T, Koval K, Cuomo F, Schoenberg N: Classification of proximal humerus fractures. The contribution of the scapular lateral and axillary radiographs. *J Shoulder Elbow Surg*, 3:24-27, 1994.
26. Stangle F: Isolated fracture of the lesser tuberosity of the humerus. *Minn Med*, 16:435-437, 1933.
27. Wachtl SW, Marti CB, Hoogewoud HM, et al: Treatment of proximal humerus fracture using multiple intramedullary flexible nails. *Arch Orthop Trauma Surg*, 120:171-175, 2000.
28. Zukerman JD, Checroun AJ: Fractures of the proximal humerus. Diagnosis and management. In Iannotti JP, Williams GR Jr: Disorders of the shoulder. Diagnosis and management, Lippincott W&W, Philadelphia, p639-685, 1999.