



상완 삼두근 측-측 견인 도달법을 통한 AO/OTA 분류 C2형 원위 상완골 관절내 골절의 치료

이철형 · 선두훈[✉] · 정덕희 · 안충한

대전선병원 정형외과

Paratricipital Approach for AO/OTA Type C2 Intra-Articular Fracture of Distal Humerus

Chul-Hyung Lee, M.D., Doo-Hun Sun, M.D.[✉], Deukhee Jung, M.D., Chung-Han An, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Daejeon Sun Hospital, Daejeon, Korea

Purpose: The aim of this study was to determine the outcomes of fixation of AO/OTA type C2 fractures among intra-articular fractures of the distal humerus using the paratricipital approach (side to side retraction of the triceps).

Materials and Methods: From June 2008 to January 2018, 12 patients underwent an open reduction and internal fixation with the paratricipital approach and were followed-up for more than 10 months after surgery. According to the AO/OTA classification, type C2 fractures were chosen among the intra-articular distal humerus fractures. An extended posterior incision was used over the olecranon in the prone position, preserving the insertion site of the triceps brachii muscle. The fracture site was exposed by retracting the muscle side-to-side through a dissection of the medial and lateral intermuscular septum of the triceps brachii muscle. The therapeutic results were assessed by the anatomical reduction of the articular surface and integrity of the metaphyseal contour in postoperative simple radiographs, complications, such as neuropathy or non-union, and the Mayo elbow performance score (MEPS) were checked to estimate the functional outcome.

Results: In the postoperative simple radiographs, no case showed more than 1 mm step-off and the disrupted contour of the distal humerus was recovered to normal alignment in most cases. The range of elbow joint motion in the last follow-up was 133.8° on average with a mean flexion contracture of 5.0°. The clinical results depending on the MEPS were excellent, except for two cases, which were good. Neuropathy of the ulnar nerve was observed in one patient, which was resolved after metal removal.

Conclusion: The paratricipital approach is useful technique in AO/OTA type C2 intra-articular distal humerus fractures that provides sufficient exposure of the surgical field, without injury to the triceps brachii muscle and postoperative complications associated with the trans-olecranon approach.

Key Words: Distal humerus, Intra-articular fracture, Paratricipital approach

Received February 11, 2019

Revised February 17, 2019

Accepted May 8, 2019

[✉]Correspondence to:

Doo-Hun Sun, M.D.

Department of Orthopedic Surgery,
Daejeon Sun Hospital, 29 Mokjung-ro,
Jung-gu, Daejeon 34811, Korea

Tel: +82-42-220-8460

Fax: +82-42-220-8464

E-mail: mediiron@naver.com

Financial support: None.

Conflict of interests: None.

서론

상완골 원위부 과간 골절 중 관절내 침범이 동반된 경우의 술 후 합병증 및 관절 운동 등 임상적 결과에 대해 다양한 연구가 이루어지고 있으며, 특히 분류에 따른 수술적 도달법의 적절성과 관련하여 지속적으로 논의가 되고 있다.^{1,2)} 현재까지 경주두 도달법 및 상완 삼두근 보존 후방 도달법을 통해 관절면을 충분히 노출시켜 수술 시야를 확보한 상태에서 이를 정복하는 것이 원칙으로 여겨지고 있으나 이와 관련한 합병증들이 여러 증례에서 보고되고 있다.^{1,3)}

이에 대한 대안으로 제시된 상완 삼두근 측-측 견인 도달법(paratricipital approach, side to side retraction of triceps)은 앞서 언급된 다른 접근법들의 합병증이 발생이 적으나 관절 및 간단부에 심각한 분쇄 골절이 동반되어 있는 경우에 적용이 제한될 수 있으며, AO/OTA 분류 C형 원위 상완골 골절 중 C1형에 제한적으로 적용 가능하다고 평가되었다.^{1,4)} 최근 AO/OTA 분류 C2형을 넘어서 C3형 원위 상완골 골절까지도 적응증을 넓히고자 연구가 이루어지고 있으나 여전히 이에 대한 임상적 결과 보고가 부족한 실정이다.

이에 저자들은 주두골 및 상완 삼두근에 손상을 입히지 않고 원위 상완골의 양측 주 및 활차의 정복에 필요한 수술 시야를 확보할 수 있는 상완 삼두근 측-측 견인 도달법을 이용하여 AO/OTA 분류 중 간단부의 분쇄골절이 동반된 C2형을 대상으로 수술적 치료를 시행 후 이에 따른 치료 결과를 통하여 유용성을 평가해보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

저자들은 수술 전 골절 양상 및 분쇄 여부에 따라 AO/OTA 분류를 시행하였고, C1형 외에도 C2형까지 상완 삼두

근 측-측 견인 도달법을 적극적으로 적용하였다. 본 연구는 2008년 6월부터 2018년 1월까지의 원위 상완골 골절 환자들 중 간단부의 분쇄 골절이 동반된 C2형에 해당하며 관절적 정복술 및 금속판 내고정술을 시행한 후 최소 10개월 이상 추시한 환자 총 12예를 대상으로 한 후향적 연구이다.

남자가 2명, 여자가 10명이었고, 평균 연령은 63.4세(39-88세), 평균 추시기간은 39.6개월(10-99개월)이었다. 임상적 결과는 술 후 단순 방사선 사진 촬영을 통해 관절 및 간단부의 해부학적 정복 정도를 평가하였으며, 추시 시 불유합 혹은 부정유합 등의 골유합 관련 합병증 및 신경병증 등 기타 합병증 유무와 함께 Mayo elbow performance score (MEPS)를 사용하여 주관절의 기능에 대한 평가를 실시하였다.

2. 방법

환자를 전신 마취하에 복와위로 눕힌 뒤, 팔의 상부에 소독 지혈대를 적용하였으며 견관절은 90° 외전시킨 상태에서 상완 원위부에 소독포를 받쳐 골절부를 고정시킴으로써 주관절을 굴곡 및 신전이 가능하도록 하여 골절 정복 시 수술 시야를 확보하였다(Fig. 1). 피부 절개는 상완부 후방 정중에서부터 주관절 후방을 지나는 중앙 절개를 가하였다. 피부 및 피하조직은 전 층으로 박리 시행하였으며 상완 삼두근을 덮고 있는 근막을 절개하였다. 외측 주에 대한 접근으로, 주두에 삼각근이 부착되어 있는 상태를 유지하며 근육 간 중격을 따라 외과까지 노출시켰다. 내측 주로의 접근 시 척골 신경을 확인한 뒤 수술 시 견인이 가능하도록 이에 손상을 주지 않고 박리하였고 외측과 동일한 방식으로 근육 간 중격을 따라 내과까지 노출시켰다. 이후 상완골의 후면과 삼각근을 분리시킴으로써 삼두근의 내 외측 견인이 가능하도록 하여 양측 주 및 관절내 골절 정복 시 원활한 수술 시야를 확보할 수 있도록 한 상태에서 관절적 정복술 및 금속판 내고정술을 시행하였다(Fig. 2, 3). 단순 관절내 골절에 대해 K-강선을 이용하여



Fig. 1. Positioning for the paratricipital approach. The approach was used over the olecranon in the prone position. The pedestal was located on the distal portion of the upper arm and by supporting the fracture site of distal humerus, allowed the operators to flex and extend the elbow joint to acquire sufficient exposure of the surgical field.



Fig. 2. A 58-year-old female slipped down and injured her elbow. (A, B) Anteroposterior X-ray and lateral X-ray and computed tomographies of a type C2 intra-articular fracture of the distal humerus. (C) Intraoperative photos of the paratricipital approach. (D) Postoperative anteroposterior and lateral X-rays of the patient fixed with a plate and screws and maintained anatomical reduction. The patient had an excellent result.

임시로 고정된 뒤 C-arm을 이용하여 정복을 확인하였으며 이후 간단부 분쇄 골절부와 함께 double plating method를 이용하여 고정하였다. 초기에 시행한 3예를 제외하고 나머지는 parallel plating을 시행하였으며, 주관절 운동 시 최대 굴곡 위치에서 척골 신경이 금속판에 의한 자극 여부를 확인하여 전방 전위 여부를 결정하였으나 모든 환자에서 이를 요하지 않았다.

3. 수술 후 관리

수술 직후 통증 관리 및 정복상태 유지를 위해 장상지 부목을 후방에 적용하였고 수술부 소독 시 통증이 허용하는 범위 내에서 능동적 주관절 운동을 허용하였다. 수술 후 2주에 봉합사 제거와 함께 주관절 기능적 보조기를 착용시킨 후 점진적으로 관절 운동 범위를 넓혀갔다. 술 후 6주 이후 보조기를 제거하고 완전 관절 운동 범위와 회내, 회외 운동을 허용하였다.

결 과

모든 증례의 술 후 단순 방사선 사진 촬영에서 간단부 분쇄골절의 해부학적 정복을 확인할 수 있었으며, 관절면의 정복에서 1 mm 이상의 step-off 소견은 관찰되지 않았다(Fig. 2, 3). 추시 과정에서 불유합은 확인되지 않았으며, 총 3예에서 척골 신경병증을 호소하였으나 이 중 금속판 제거술을 통해 증상이 호전된 1예를 제외하고 나머지는 자연 경과에 따른 증상 호전을 보였다. 마지막 추시에서 모두 주관절의 기능적 운동 범위(30° – 130°)를 충족하면서 관절운동 범위는 평균 133.8° (115° – 145°), 굴곡 구축은 평균 5.0° (0° – 20°)의 범위를 보였다. MEPS를 이용한 주관절 기능 평가에서 술 후 정도의 통증에 따른 양호 2예를 제외하고 나머지 모두 우수에 해당하는 임상적 결과가 확인되었다(Table 1).

고 찰

관절면을 포함한 상완골의 원위부는 주두와를 중심으로



Fig. 3. A 39-year-old female fell on the ground and injured her elbow. (A, B) Anteroposterior X-ray and lateral X-ray and computed tomographies of a type C2 intra-articular fracture of the distal humerus. (C) Intraoperative photos of the paratricipital approach. (D) Postoperative anteroposterior and lateral X-rays of the patient fixed with a plate and screws and maintained anatomical reduction. The patient had an excellent result.

Table 1. Demographics and Clinical Results of Patients

Case No.	Age (yr)	Sex	Vector	Plating type	Complication	ROM (°)	Flex. (°)	Ext. (°)	MEPS
1	60	F	TA	Orthogonal		140	140	0	Excellent
2	63	F	SD	Orthogonal		135	140	5	Good (mild pain)
3	56	F	SD	Orthogonal	UN (resolved after metal removal)	135	140	5	Excellent
4	39	F	FD	Parallel		140	145	5	Excellent
5	58	F	SD	Parallel		120	120	0	Excellent
6	54	F	SD	Parallel		115	135	20	Good (mild pain)
7	49	M	SD	Parallel		130	145	15	Excellent
8	79	F	SD	Parallel	UN (improved spontaneously)	130	140	10	Excellent
9	79	F	SD	Parallel		140	140	0	Excellent
10	88	F	SD	Parallel		135	135	0	Excellent
11	50	F	SD	Parallel		145	145	0	Excellent
12	86	M	TA	Parallel	UN (improved spontaneously)	140	140	0	Excellent
Mean	63.4					133.8±8.8*	138.8±6.8*	5.0±6.7*	

*Mean±standard deviation. ROM: range of motion, Flex.: flexion, Ext.: extension, MEPS: Mayo elbow performance score, F: Female, M: Male, TA: traffic accident, SD: slip down, FD: fall down, UN: ulnar neuropathy.

내주 및 외주와 이를 연결하는 활차가 삼각형 모양의 구조를 이루고 있으며, 중심의 주두와는 주변에 비해 매우 얇아 지지력이 약하므로 주위의 세 변 중 어느 한 부분이라도 손상될 시 안정성을 잃게 된다.⁵⁻⁹⁾ 이러한 개념을 바탕으로 AO/OTA 분류 C형에 해당하는 관절 내 골절에서 양측 주 모두를 침범한 골절의 안정화를 위해 관절면을 정확히 정복하고, 간부 골편에서 분쇄가 심한 경우를 제외하고 가능한 한 해부학적 정복 및 골편간 압박고정을 통한 견고한 내고정을 시행하는 것이 원칙으로 여겨지고 있다.^{1,3)}

이와 관련하여 후방 접근법이 관절면의 노출이 원활하다는 점에서 주로 사용되고 있으며, 주두골 말단부 절골술을 시행함으로써 관절면 및 간부를 충분히 관찰할 수 있는 상태에서 정복하는 경주두 도달법을 초기에 주로 이용하였다.^{5,10,11)} 하지만 일부 연구에서 상기 접근법 또한 관절면 골절을 추가로 만드는 처치이며, 주두부 삽입물과 관련된 합병증 및 관절 운동 지연으로 인한 관절 강직의 가능성이 있다는 등 여러 한계점을 보고하였다.³⁾ 이에 따라 주두골이 아닌 상완 삼두근을 다루는 상완 삼두근 보존 도달법이 주두골 절골술에 의한 합병증을 피할 수 있어 대안으로 제시되었으나 상완 삼두근의 원위 부착부 일부를 주두 말단부에서 떼어내는 과정이 필요하다는 점에서 재부착부의 약화 및 기능적 저하 등의 문제가 발생할 수 있으며, 골절부 접근 시 두터운 삼두근을 외측으로 견인해야 하는 점이 외주의 근위부를 침범한 골절에서 금속판의 근위부 나사못을 삽입하는 데 제한점으로 간주되었다.^{3,12-15)}

저자들은 앞서 언급된 접근법들의 제한점을 해결하기 위한 방안으로서 Schildhauer 등⁴⁾에 의해 제시된 상완 삼두근 측-측 견인 도달법을 이용하였다. 이는 상완 삼두근을 중심으로 내외측의 근육 간 중격을 따라 내과 및 외과까지 절개를 가하되 척골신경 및 측부 인대, 삼두근에 손상을 최소화하여 술 후 안정성 및 굴곡력에 대한 기능적 회복에 이점이 있고, 관절 노출이 다른 접근법에 비해 제한적이라 할지라도 관절면을 침범하지 않은 골절의 경우 관절면을 직접 볼 필요가 없으므로 유용한 방법으로 사용되었다. 또한 최근 연구에서 주두골 절골술을 시행하지 않고도 상완 삼두근 측-측 견인 도달법에서 주관절의 과신전을 통해 충분히 관절면을 관찰할 수 있으며, 관절내 분쇄골절이 동반된 AO/OTA 분류 C3형에 대해서는 조작적 어려움 및 과도한 견인으로 인한 술 후 근력 약화가 보고되어 이를 적용시키기에는 무리가 있으나 AO/OTA C2 분류와 같은 큰 골편으로 이루어진 관절내 골절의 경우에는 상완 삼두근 측-측 견인 도달법이 고려될 수

있다고 보고하고 있어 상기 도달법을 더욱 많은 원위 상완골 골절에 적용할 수 있다고 평가하였다.^{3,7,16)}

수술 후 초기에 적극적인 재활 치료를 가능하게 하기 위해 제시된 double plating 방법 중 관절 골편의 정복에 있어서 외주를 침범하는 골절의 위치가 주두와보다 근위부를 침범한 Mckee의 분류^{17,18)} 중 low fracture에 해당하는 경우 orthogonal plating보다 parallel plating이 더욱 견고한 고정이 가능하다고 평가되며 저자들도 이를 선호한다. 경주두 도달법의 대안으로 여겨진 상완 삼두근 보존 도달법은 외주의 노출이 원활하지 못하다는 점에서 외측 평행 금속판의 적용에 제한점이 있어 parallel plating을 선호하는 저자들은 양측 주 모두 접근이 용이한 상완 삼두근 측-측 견인 도달법을 이용하였고 다른 접근법들에 비해 상완 삼두근의 기능을 보존하며 금속판의 적용에 있어 충분한 시야 확보가 가능하였다.^{1,19,20)}

앞서 언급한 장점이 있다고 하여도 상완 삼두근 측-측 견인 도달법이 수술 시야에 제한점이 크다는 점은 간과할 수 없다. 초기에 저자들은 대부분의 원위 상완골 골절이 어느 정도의 분쇄와 관절내 골절을 동반한다는 점을 감안하여 원활한 시야 확보를 위해 경주두 도달법을 주로 사용하였다. 하지만 수술 증례가 늘어가면서 주두골 절골술을 시행하지 않고 삼두근을 양측으로 견인하며 정복을 시행하고 이를 C-arm 영상을 통해 확인하는 방법으로 가능한 증례들이 많아졌다.

상완 삼두근 측-측 견인 도달법에서 주관절을 과신전하면 일부 관절면의 후방도 관찰되며 좀 더 원활한 상완 삼두근 견인이 가능하여 실제로 관절면에 골절선이 있어도 분쇄가 심하지 않거나 관절부 골절편의 전위 및 회전되어 있지 않으면 이러한 접근법을 통해 정복이 가능하였으며, 상완 삼두근을 내, 외측으로 견인하면 충분히 주두와를 확인할 수 있어 간단부의 분쇄 골절에 대한 정복도 원활하게 시행할 수 있었다. 정복 후 C-arm을 통해 육안으로 직접 확인할 수 없는 관절면 정복 상태를 평가하여 상완 삼두근 측-측 견인 도달법의 수술 시야에 대한 한계점을 어느 정도 극복할 수 있었다.

간단부 분쇄 또는 관절 내 전위가 심한 AO/OTA C2형 분류에서는 정복 시 일부 수술 중 도수 정복을 요하고 이를 위해 수술 시야 외에 충분한 조작 공간이 요구되는 경우가 흔하나 수술자의 경험이 충분하다면 상완 삼두근 측-측 견인 도달법을 통한 정복을 시도해볼 수 있으며, 만일 정복이 어렵다고 판단되면 경주두 도달법으로의 전환도 가능하다. 즉 상완 삼두근 측-측 견인 도달법으로 정복을 시도하고 어려운 경우에 경주두 도달법으로 전환하면 된다.

이번 연구에서 주두골 절골술을 시행하지 않고 상완 삼두

근 측-측 견인 도달법만으로 수술을 진행함으로써 수술 시간을 줄일 수 있었으며, 전 예에서 수술 후 2주에 주관절 기능적 보조기 착용을 통해 조기 관절운동이 가능할 정도의 견고한 고정력을 얻었다. 일부 간단부 분쇄에 대해 정복이 불가능할 정도로 작은 골편을 제거하여 정복하였음에도 불유합 등의 합병증이 보고되지 않아 이러한 점을 수술 시 고려할 수 있다고 판단되며, 척골 신경의 전방 전위를 하지 않았음에도 1예에서 금속판 제거술이 요구된 점을 제외하고는 모두 척골 신경병증이 자연적으로 호전되었다는 점에 대해서 긍정적인 결과라고 할 수 있겠다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 먼저 동일한 AO/OTA 분류 C2형 환자군에 대해 다른 접근법을 이용한 대조군 설정이 되어 있지 않아 기존의 고식적 접근법에 비해 어느 정도 더 유의하게 긍정적인 임상적 결과를 보이는지를 입증할 수 없다는 점이다. 이에 대해 경주두 도달법 및 상완 삼두근 보존 도달법 등 고식적 방법에서의 임상 결과를 평가하여 상완 삼두근 측-측 견인 도달법과의 비교 연구가 시행되어야 할 것으로 생각된다. 둘째, 연구 대상이 모두 AO/OTA 분류 C2형이라도 초기에는 분쇄가 심한 경우 경주두 도달법을 시행하였고, 최근에 상완 삼두근 측-측 견인 도달법을 이용하여 시행된 3예는 분쇄가 심했으나 추시 기간이 길지 않아 장기적인 결과를 평가하기에 부족하다. 또한 전체 연구 기간 대비 증례의 수가 많지 않다는 점이 한계점으로 평가되며, 더 많은 환자군을 대상으로 장기 추시를 시행하여야 더욱 의미있는 연구가 될 것이다. 하지만 원위 상완골 골절의 접근법에서 주두골 절골술을 시행하지 않는 접근법 중 상완 삼두근 측-측 견인 도달법의 유용성에 대해서는 간과되고 있으며 충분한 연구가 이루어지지 않고 있는 실정으로, 본 연구를 통해 기존에 AO/OTA 분류 C1형에 제한적으로 사용되는 것을 좀 더 넓은 분류에서 고려하였다는 것이 긍정적이라고 생각한다.

결 론

상완 삼두근 측-측 견인 도달법은 다른 접근법들에 비해 골조직 및 연부 조직의 손상을 최소화하면서 원위 상완골 골절에 대한 충분한 수술 시야를 확보할 수 있었다. 또한 주두골 절골술로 인해 발생 가능한 불유합 및 신경병증 등 기타 합병증이 발생하지 않았으며, 추후 재활 시 조기 관절 운동이 허용 가능하다는 점에서 장점을 보이는 접근법으로 평가된다. 따라서 AO/OTA 분류 C2형에 상완 삼두근 측-측 견인

도달법을 적극적으로 이용할 수 있으며, 만일 이로 불충분하다면 경주두 도달법으로의 전환 또한 가능하다는 점에서 유용한 술기이다.

요 약

목적: 원위 상완골 골절 중 AO/OTA 분류 C2형에서 상완 삼두근 측-측 견인 도달법의 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법: 2008년 6월부터 2018년 1월까지 상완 삼두근 측-측 견인 도달법을 이용하여 관절적 정복술 및 내고정술을 시행한 환자들 중 최소 10개월 이상 추시 가능했으며 AO/OTA 분류 C2형에 해당하는 총 12예를 대상으로 하였다. 수술은 주관절 후방 중앙 절개 후 삼두근 원위 부착부에 손상을 주지 않고 내외측을 박리한 후 양측으로 견인하며 수술 시야를 확보하였다. 치료 결과는 술 후 해부학적 정복 시행 여부 평가 및 추시 시 골유합 여부, 합병증 유무와 함께 MEPS를 사용한 주관절의 기능 평가를 바탕으로 분석하였다.

결과: 술 후 단순 방사선 사진에서 모두 해부학적 정복이 확인되었다. 주관절 가동 범위는 평균 133.8°, 굴곡 구축은 평균 5.0°를 보였다. MEPS를 사용한 기능 평가에서 우수 10예, 양호 2예의 임상 결과를 보였으며 1예에서만 척골 신경병증이 발생하였다.

결론: 상완 삼두근 측-측 견인 도달법은 AO/OTA 분류 C2형 원위 상완골 골절 수술 시 시야 확보에 문제되지 않았으며 합병증 발생이 적다는 점에서 좀 더 적극적으로 적용시킬 수 있다고 평가된다.

색인 단어: 원위 상완골, 관절내 골절, 상완 삼두근 측-측 견인 도달법

ORCID

이철형, <https://orcid.org/0000-0003-4059-4969>

선두훈, <https://orcid.org/0000-0002-9956-1937>

정덕희, <https://orcid.org/0000-0003-4514-0755>

안충한, <https://orcid.org/0000-0002-1954-1478>

References

1. Yoon YC, Oh JK: Treatment of distal humeral fractures. J Korean Fract Soc, 25: 223-232, 2012.
2. Sharma S, John R, Dhillon MS, Kishore K: Surgical approaches

- for open reduction and internal fixation of intra-articular distal humerus fractures in adults: a systematic review and meta-analysis. *Injury*, 49: 1381–1391, 2018.
3. Ali AM, Hassanin EY, El-Ganainy AE, Abd-Elmola T: Management of intercondylar fractures of the humerus using the extensor mechanism-sparing paratricipital posterior approach. *Acta Orthop Belg*, 74: 747–752, 2008.
4. Schildhauer TA, Nork SE, Mills WJ, Henley MB: Extensor mechanism-sparing paratricipital posterior approach to the distal humerus. *J Orthop Trauma*, 17: 374–378, 2003.
5. Zalavras CG, Papasoulis E: Intra-articular fractures of the distal humerus—a review of the current practice. *Int Orthop*, 42: 2653–2662, 2018.
6. Brouwer KM, Guitton TG, Doornberg JN, Kloen P, Jupiter JB, Ring D: Fractures of the medial column of the distal humerus in adults. *J Hand Surg Am*, 34: 439–445, 2009.
7. Jupiter JB, Barnes KA, Goodman LJ, Saldaña AE: Multiplane fracture of the distal humerus. *J Orthop Trauma*, 7: 216–220, 1993.
8. Nauth A, McKee MD, Ristevski B, Hall J, Schemitsch EH: Distal humeral fractures in adults. *J Bone Joint Surg Am*, 93: 686–700, 2011.
9. Ring D, Jupiter JB: Fractures of the distal humerus. *Orthop Clin North Am*, 31: 103–113, 2000.
10. Wong AS, Baratz ME: Elbow fractures: distal humerus. *J Hand Surg Am*, 34: 176–190, 2009.
11. Wilkinson JM, Stanley D: Posterior surgical approaches to the elbow: a comparative anatomic study. *J Shoulder Elbow Surg*, 10: 380–382, 2001.
12. Zlotolow DA, Catalano LW 3rd, Barron OA, Glickel SZ: Surgical exposures of the humerus. *J Am Acad Orthop Surg*, 14: 754–765, 2006.
13. Bryan RS, Morrey BF: Extensive posterior exposure of the elbow. A triceps-sparing approach. *Clin Orthop Relat Res*, (166): 188–192, 1982.
14. Kasser JR, Richards K, Millis M: The triceps-dividing approach to open reduction of complex distal humeral fractures in adolescents: a cybex evaluation of triceps function and motion. *J Pediatr Orthop*, 10: 93–96, 1990.
15. Remia LF, Richards K, Waters PM: The Bryan–Morrey triceps-sparing approach to open reduction of T-condylar humeral fractures in adolescents: cybex evaluation of triceps function and elbow motion. *J Pediatr Orthop*, 24: 615–619, 2004.
16. Erpelding JM, Mailander A, High R, Mormino MA, Fehring EV: Outcomes following distal humeral fracture fixation with an extensor mechanism-on approach. *J Bone Joint Surg Am*, 94: 548–553, 2012.
17. McKee MD, Jupiter JB: A contemporary approach to the management of complex fractures of the distal humerus and their sequelae. *Hand Clin*, 10: 479–494, 1994.
18. McKee MD, Jupiter JB, Bamberger HB: Coronal shear fractures of the distal end of the humerus. *J Bone Joint Surg Am*, 78: 49–54, 1996.
19. O'Driscoll SW: Parallel plate fixation of bicolateral distal humeral fractures. *Instr Course Lect*, 58: 521–528, 2009.
20. O'Driscoll SW, Sanchez-Sotelo J, Torchia ME: Management of the smashed distal humerus. *Orthop Clin North Am*, 33: 19–33, vii, 2002.