



Le protesi di gomito: considerazioni cliniche e metodologiche

Adriano Moscolo^a (✉), Gianmario Micheloni, Michele Mazzi, Stefano Giaretta
 U.O.C. Ortopedia e Traumatologia, Ospedale Civile “San Bortolo” – AULSS 8 Berica, Vicenza, Italia
^aadriano.moscolo@yahoo.it

ABSTRACT – ELBOW ARTHROPLASTY: CLINICAL AND METHODOLOGIES CONSIDERATIONS

Elbow replacement has been typically used for patients suffering from autoimmune arthritis resistant to medical therapy; at present, some of its main indications are chronic degenerative diseases, like primary osteoarthritis, and further distal humerus fractures, not otherwise synthesized, in selected cases. They are classified as total arthroplasty or partial arthroplasty (the latter recommended in younger patients in the absence of joint instability); and as constrained or unconstrained prostheses (more frequently implanted and characterised by kinematic patterns more similar to normal); regardless of the indication, a 5-year survival rate between 72 and 84% is reported. It is essential to verify the joint stability, if necessary, pursuing a careful reconstruction/reinsertion of the ligamentous and myotendinous apparatus, an accurate implant cementation to prevent possible aseptic complications. Elbow replacement is routinely used in its variants in patients often affected by various comorbidities and therefore more exposed to mechanical or infectious complications. Even with results which are still not comparable to THR or TKR, elbow replacement can be considered an interesting system characterised by rather fast recovery times and good results in terms of pain relief and functional improvement. The complexity of the surgical technique and the still limited numbers of implants suggest to centralise this pathology in reference centres.

Publicato online: 17 maggio 2019

© Società Italiana Ortopedici Traumatologi Ospedalieri d'Italia 2019

Introduzione

Inizialmente la protesi di gomito (*Total Elbow Arthroplasty*, TEA) trovava la sua indicazione nei pazienti affetti da artrite reumatoide. A partire dagli anni '90, grazie anche allo sviluppo di design protesici più performanti l'indicazione è stata allargata all'artrosi primaria, alle fratture e agli esiti. In ogni caso, le limitazioni di tipo funzionale (soprattutto nel sollevamento di pesi superiori ai 5 kg) che accompagnano un gomito protesizzato, rendono ragione del fatto che si ricorra all'artroprotesi solo nei pazienti non giovani e/o *low demanding*.

Una distinzione principale va fatta tra protesi totale (cioè la sostituzione sia della componente omerale sia di quella ulnare) ed emiartroprotesi, che prevede la sostituzione della sola componente omerale. Quest'ultima è da preferirsi quando possibile, avendo minori limitazioni funzionali rispetto alla protesi totale. Tuttavia, le indicazioni sono decisamente più ristrette da un punto di vista anatomico. *Conditio sine qua*

non è l'integrità (o la possibile riparazione) dei legamenti collaterali, delle colonne extra-articolari dell'omero distale e del capitello radiale, per evitare un'instabilità articolare che porterebbe al fallimento dell'impianto [1–3]. Per quanto riguarda l'accoppiamento delle componenti, storicamente le protesi venivano classificate in vincolate, semi-vincolate e non vincolate. In considerazione del fatto che sono stati recentemente sviluppati vari meccanismi di collegamento e che anche le cosiddette protesi di rivestimento possiedono qualche elemento intrinseco di connessione (come risultato della forma e dell'interazione tra le superfici articolari), i termini “vincolata” (con una connessione meccanica tra la componente omerale e quella ulnare) e “non vincolata” (senza connessione tra le parti) sono oggi più comunemente usati [4, 5]. Teoricamente, queste ultime sono da preferirsi in quanto possiedono dei vantaggi basati su una cinematica del gomito molto vicina a quella normale, permettono qualche grado di movimento anche sul piano frontale (diminuendo lo stress a livello degli steli), e preservano maggiormente il

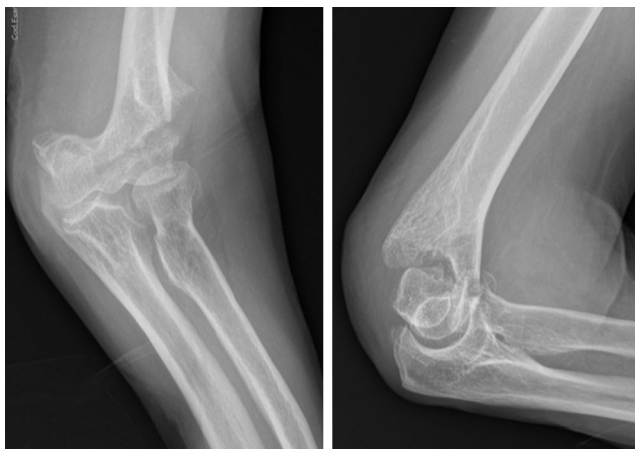


Fig. 1 - RX preoperatorie

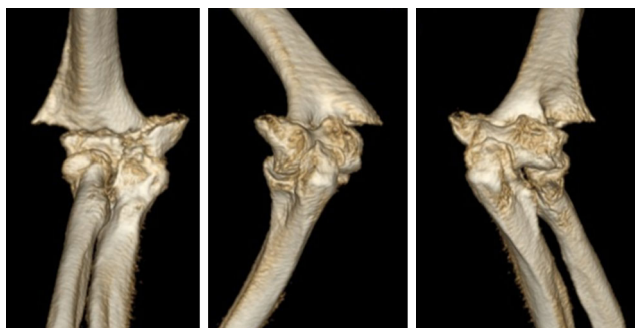


Fig. 2 - Studio TC preoperatorio

bone stock, ma anche in questo caso come per le emiartroprotesi è fondamentale la validità delle strutture ligamentose e ossee stabilizzanti l'articolazione [6]. Attualmente sono disponibili in commercio protesi di "terza generazione", che permettono al chirurgo di decidere durante l'intervento se effettuare un impianto vincolato o non vincolato.

TEA vs ORIF

Per quanto le indicazioni alla protesi si siano ampliate nel corso degli anni, l'utilizzo nei pazienti reumatoidi è calato negli anni grazie ai progressi ottenuti nella terapia medica delle patologie autoimmuni. I candidati ideali sono per lo più pazienti over 65 affetti da patologia degenerativa cronica o da fratture non sintetizzabili (Figg. 1, 2) a causa di un'importante comminuzione della porzione articolare. Al riguardo, tuttavia, in letteratura non c'è consenso unanime. I sostenitori della sintesi per la maggior parte delle fratture di omero distale sostengono che la fissazione dovrebbe sempre essere tentata perché, in caso di fallimento, si può sempre recuperare con un'artroplastica del gomito. La questione diventa, quindi, se l'outcome di una protesi primaria di gomito

equivale a quello di una protesi "di salvataggio" in caso di fallimento precoce della fissazione.

Prasad e Dent [7] hanno confrontato i risultati di 32 pazienti (età media 78 anni), 15 sottoposti in acuto a TEA per una frattura distale di omero, 17 sottoposti a TEA in media 56 settimane dopo il trattamento iniziale non chirurgico o ORIF. Il primo gruppo aveva un *Mayo Elbow Performance Score* (MEPS) di 85 mentre il secondo gruppo aveva un MEPS di 80,36. Anche il range di movimento era simile con un arco da 27° a 120° nel primo gruppo e da 30° a 120° nel secondo gruppo. Sebbene questi esiti funzionali fossero simili tra i gruppi, la sopravvivenza dell'impianto per il primo gruppo era del 93% a 88 mesi mentre nel secondo gruppo era del 76% a 84 mesi [7]. Anche se questi dati potrebbero effettivamente indicare una tendenza, questa differenza non è statisticamente significativa.

Secondo una recente review [8], dati non pubblicati sembrano suggerire che quando la protesi viene impiantata entro 1 anno dalla fissazione interna fallita, il dolore e la funzionalità migliorano, ma il tasso di revisione o rimozione dell'impianto è alto. Gli autori hanno esaminato gli outcome di 21 TEA vincolate con un intervallo temporale medio tra ORIF e TEA di 8 mesi. Al follow-up più recente, 6 gomiti avevano richiesto un nuovo intervento, inclusa revisione dell'impianto o rimozione in 4 gomiti (19%). Questi 6 pazienti hanno richiesto un totale di 14 reinterventi, 9 dei quali riguardavano la revisione o la rimozione degli impianti. Per i pazienti con protesi sopravvissute, il punteggio medio di MEPS è stato di 85,5 punti, l'89% ha riportato lieve o nessun dolore e il 78% si riteneva soggettivamente soddisfatto. La flessione è aumentata da 94° a 138° e l'estensione è aumentata da 43° a 18°. Il tasso di infezione globale era del 5% [8].

Questi studi sembrano indicare che, sebbene la fissazione interna fallita possa essere recuperata con una protesi, un certo prezzo viene pagato in termini di aumento del tasso di fallimento dell'impianto rispetto a quello riportato tipicamente quando l'impianto protesico viene eseguito come procedura primaria.

D'altra parte altri autori, tra cui Pooley [9], ritengono le fratture comminute intra-articolari (tipo C secondo la classificazione AO) biologicamente comparabili alle fratture a 4 frammenti dell'omero prossimale (secondo Neer) [10, 11]. Quindi, anche se tecnicamente la sintesi è possibile, la guarigione dei frammenti devascularizzati intra-articolari è difficile. Di conseguenza, la protesi dovrebbe essere presa in considerazione come intervento di prima scelta nel paziente anziano.

Un'altra precisazione deve essere fatta sull'approccio chirurgico da utilizzare. Quando ci avviciniamo a una frattura complessa dell'omero distale con un programma di osteosintesi, la via più semplice per visualizzare al meglio la superficie articolare e applicare i mezzi di sintesi passa attraverso l'osteotomia dell'olecrano. Questo gesto chirurgico però

potrebbe compromettere l'inserimento di una componente protesica ulnare. Ne consegue che, se tra le opzioni prese in considerazione nel planning preoperatorio c'è anche la protesi di gomito, andrà scelto un altro tipo di approccio che, tuttavia, potrebbe rendere tecnicamente più complicata la sintesi [9].

Anche per questi motivi sembra esserci un crescente interesse nell'utilizzo di emiartroprotesi soprattutto nei pazienti più giovani, sebbene sussista il rischio teorico di usura della cartilagine articolare dell'ulna, che richiederebbe quindi la revisione con TEA [12]. Questo rischio potenziale è stato dimostrato nella pratica clinica da Smith et al., che, in uno studio del 2013 su 26 pazienti sottoposti ad emiartroplastica per fratture omerali distali non sintetizzabili (con follow-up di 2–11 anni), hanno rilevato segni radiologici di usura ulnare in 13 pazienti [13]. Questo dato radiografico era correlato con un punteggio del dolore più alto e una minore soddisfazione del paziente.

Via chirurgica

La via più utilizzata è quella posteriore (*The front door to the elbow is at the back*, O'Driscoll, 1993), che consente di accedere profondamente a tutti i compartimenti del gomito. Il paziente può essere posizionato indifferentemente in decubito laterale o supino, ma è importante avere la completa mobilità del gomito durante tutto l'intervento.

Premessa fondamentale ad ogni dissezione posteriore, a prescindere dalla metodica prescelta, è l'isolamento e la protezione del nervo ulnare [9, 14]. Una volta compiuto questo relativamente semplice ma fondamentale gesto chirurgico, diverse sono le tecniche descritte per esporre in modo ottimale l'articolazione.

Molteplici variazioni dei cosiddetti approcci triceps-off sono state proposte nel tempo (split, tongue, e altre) ma, più recentemente, l'enfasi è stata posta sugli approcci triceps-on, che sono particolarmente appropriati e utili, soprattutto quando la sostituzione protesica è presa in considerazione per una frattura dell'omero distale.

Nel 1982 Bryan e Morrey—pionieri nell'artroplastica del gomito—sostenevano un approccio che risparmiava il tendine tricipitale, sollevandolo tuttavia dall'olecrano (seppure in continuità con la fascia dell'origine comune degli estensori e l'anconeo), creando a tutti gli effetti un lembo digastrico [15].

Wolfe e Ranawat hanno modificato questa tecnica, lasciando una lamina d'osso attaccata al tendine del tricipite per garantirne poi una più efficace guarigione su un letto di osso spugnoso (osso su osso) [16]. Pooley sostiene l'approccio cosiddetto Newcastle che, secondo uno studio su cadavere condotto da Amirfeyz (2011), permette una visione più ampia della superficie articolare [9, 17]. Utilizzando questa tecnica, dopo aver sollevato il lembo anconeo-tricipitale si

incide il rafe obliquamente e si solleva il capo lungo e profondo del tricipite fino al margine dell'epitroclea, esponendo così l'articolazione. Se necessario i collaterali possono essere facilmente staccati (il mediale dall'ulna, il laterale dall'epicondilo). Pierce e Herndon, adattando il classico approccio bilatero-tricipitale di Alonso-Llames per l'artroplastica del gomito, descrissero per primi la tecnica in cui le finestre su entrambi i lati, mediale e laterale, del tricipite si sviluppano dopo aver rimosso le porzioni fratturate dell'omero distale lasciando la parte centrale del tricipite attaccato all'olecrano [18]. L'omero distale può essere esposto da entrambi i lati del tricipite e l'ulna può essere esposta ruotando l'avambraccio. L'approccio di Pierce e Herndon è particolarmente adatto in situazioni di trauma acuto in cui la frattura fornisce spazio sufficiente per lavorare, senza la necessità di rilasciare il tricipite per crearsi ulteriore area di manovra. Secondo alcuni autori questo approccio riduce i tempi operatori, evita le complicanze legate al tricipite e consente una gamma di movimenti precoci e non protetti.

McKee e colleghi hanno dimostrato che la resezione dei condili omerali non influenza il range di movimento, la forza o il risultato del MEPS quando si utilizza un impianto semivincolato e un approccio che risparmia il tricipite [19]. La molteplicità di tecniche descritte testimonia il fatto che probabilmente non ce n'è una oggettivamente superiore a un'altra, per quanto le tecniche triceps-sparing permettano un recupero funzionale più rapido nel breve periodo. La scelta è dettata dalla preferenza e dall'esperienza del chirurgo.

Impianto

Ogni sistema impiantabile ha una strumentazione specifica che dovrebbe essere ben nota al chirurgo. La posizione della componente omerale può essere difficile da valutare, soprattutto nelle fratture più complesse, a causa dei punti di riferimento anatomici alterati dal trauma. Quando si valuta la lunghezza, la fossa olecranica prossimale è un punto di riferimento affidabile, ma andrebbe considerata anche la tensione dei tessuti molli [20]. Il gomito deve estendersi completamente, ma non iperestendersi con l'impianto in posizione e deve poter essere flesso in modo che la mano arrivi alla bocca. Per quanto riguarda la rotazione, l'asse di flesso-estensione è intraruotato rispetto all'asse diafisario dell'omero di 13° e 16°, rispettivamente, nel maschio e nella femmina [21].

Non di rado l'esposizione dell'ulna prossimale per la preparazione del canale e per l'impianto della componente ulnare è resa difficoltosa dall'origine comune degli estensori. È importante ricordare che l'inserzione del tricipite può essere parzialmente staccata dal lato laterale o mediale dell'olecrano per migliorare l'esposizione senza comprometterne la funzionalità [22]. Anche la posizione della componente

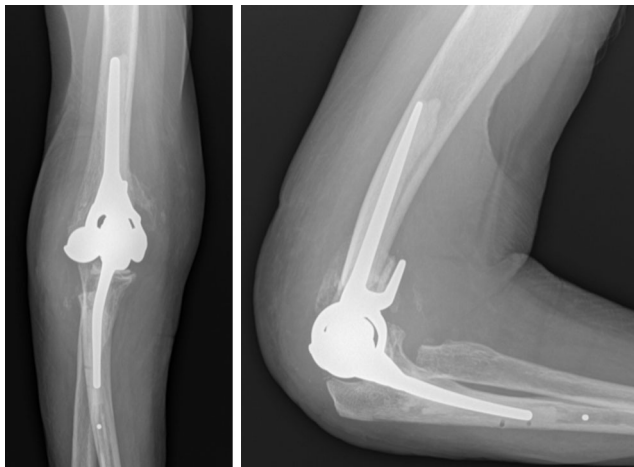


Fig. 3 - RX postoperatorie

ulnare è di primaria importanza: deve essere posizionata in modo che il centro di rotazione sia equidistante dall'apice della coronoide e dall'olecrano [20].

Punto critico è la cementazione con uso di cemento antibiotato perché i canali omerale e ulnare sono molto stretti e il mantello di cemento intorno allo stelo deve essere ben distribuito.

Oggi sono in avanzata progettazione protesi non cementate (a "press fit"), già impiegate in passato. Richiedono una maggiore precisione nella preparazione degli alloggiamenti per gli steli protesici in quanto devono avere una sufficiente stabilità primaria per una mobilitazione precoce, un po' come è accaduto per le protesi d'anca. Oggi, la "tenuta" degli impianti cementati avviene a livello diafisario, mentre le protesi "press fit" potranno integrarsi anche con le strutture ossee più distali che oggi hanno un ruolo marginale nella stabilità.

Completato l'impianto (Fig. 3) viene testata la stabilità articolare e, se necessario, va perseguita l'accurata ricostruzione/reinserzione dell'apparato ligamentoso e miotendineo. Nel postoperatorio, solitamente, il gomito viene lasciato libero o immobilizzato in estensione per pochi giorni, intraprendendo precocemente esercizi fisiochinesiterapici per mantenere un buon ROM. In quest'ottica, altrettanto importante risulta essere la profilassi contro le calcificazioni eterotopiche.

Complicanze

In letteratura la protesi di gomito, indipendentemente dall'indicazione, ha un tasso di sopravvivenza a 5 anni tra il 72 e l'84% [23]. Nella popolazione anziana protesizzata è più probabile che si verifichino complicanze di natura medica, essendo pazienti più facilmente afflitti da comorbidità più o meno gravi. Complicanze relative alla ferita chirurgica è più



Fig. 4 - Immagini cliniche al follow-up (1 mese)

probabile si verifichino in presenza di fragilità cutanea, specialmente nei pazienti traumatizzati con lesione dei tessuti molli associata alla frattura. Un recente studio retrospettivo ha esaminato l'esito di 719 pazienti sottoposti a protesi di gomito per trauma nello Stato di New York tra il 1997 e il 2006. C'è stato un tasso complessivo di complicanze del 9,5% e il 10,6% dei pazienti è stato ricoverato nuovamente in ospedale. Le complicanze meccaniche sono le più comuni (4,6%), seguite dalle infezioni (2,5%); solo l'1,7% è stato sottoposto a revisione dell'impianto. In questo studio, la sopravvivenza a 5 anni della protesi è stata superiore rispetto agli impianti realizzati in pazienti affetti da artrite reumatoide o artrosi [24].

Tra le complicanze maggiori, che richiedono cioè un reintervento, l'infezione profonda è sicuramente una delle più temute, in considerazione degli esiti altamente invalidanti cui può portare. Da non sottovalutare in termini di compromessa funzionalità sono le neuroplessie temporanee, le fratture periprotetiche, la mobilitazione asettica sintomatica, la rigidità e l'instabilità articolare e le calcificazioni eterotopiche [13, 25-38].

Conclusioni

La protesi di gomito rappresenta il gold standard nei pazienti affetti da degenerazione artrosica multicompartimentale e nella artriti autoimmuni resistenti alla terapia medica. Nondimeno è una valida alternativa di trattamento per pazienti selezionati, anche in caso di fratture dell'omero distale (Figg. 4, 5). La sua attrattiva è legata a diversi fattori, tra cui la possibilità di eseguire la procedura lasciando intatto l'apparato estensore, la riabilitazione più veloce e più facile rispetto alla fissazione interna e i risultati complessivamente positivi riportati in termini di sollievo dal dolore e funzione. Tuttavia, il tasso di fallimento con conseguente ricorso alla chirurgia di revisione è un importante elemento da considerare, e i pazienti devono attenersi a determinati limiti per prolungare la durata del loro impianto. Lo sviluppo



Fig. 5 - Immagini cliniche al follow-up (1 mese)

di impianti ad alte prestazioni può consentire di estendere le indicazioni dell'artroprotesi del gomito per le fratture, ma attualmente questa procedura deve essere considerata solo se la fissazione interna non è possibile o destinata al fallimento per importante comminazione, preesistente patologia del gomito o grave osteopenia, tipicamente nei pazienti più anziani.

CONFLITTO DI INTERESSE Gli autori Adriano Moscolo, Gianmario Micheloni, Michele Mazzi e Stefano Giarretta dichiarano di non avere alcun conflitto di interesse.

CONSENSO INFORMATO E CONFORMITÀ AGLI STANDARD ETICI Tutte le procedure descritte nello studio e che hanno coinvolto esseri umani sono state attuate in conformità alle norme etiche stabilite dalla dichiarazione di Helsinki del 1975 e successive modifiche. Il consenso informato è stato ottenuto da tutti i pazienti inclusi nello studio.

HUMAN AND ANIMAL RIGHTS L'articolo non contiene alcuno studio eseguito su esseri umani e su animali da parte degli autori.

Bibliografia

- Argintar E, Berry M, Narvy SJ et al (2012) Hemiarthroplasty for the treatment of distal humerus fractures: short-term clinical results. *Orthopedics* 35:1042–1045
- Burkhart KJ, Nijs S, Mattyasovszky SG et al (2011) Distal humerus hemiarthroplasty of the elbow for comminuted distal humeral fractures in the elderly patient. *J Trauma* 71:635–642
- Hohman DW, Nodzo SR, Qvick LM et al (2014) Hemiarthroplasty of the distal humerus for acute and chronic complex intra-articular injuries. *J Shoulder Elb Surg* 23:265–272
- Kamineni S, O'Driscoll SW, Urban M, Garg A, Berglund LJ, Morrey BF, An KN (2005) Intrinsic constraint of unlinked total elbow replacements—the ulnotrochlear joint. *J Bone Jt Surg, Am* 87(9):2019–2027
- Szekeres M, King GJ (2006) Total elbow arthroplasty. *J Hand Ther* 19(2):245–253. Review
- Voloshin I, Schippert DW, Kakar S, Kaye EK, Morrey BF (2011) Complications of total elbow replacement: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 20(1)
- Prasad N, Dent C (2008) Outcome of total elbow replacement for distal humeral fractures in the elderly: a comparison of primary surgery and surgery after failed internal fixation or conservative treatment. *J Bone Jt Surg, Br* 90:343–348
- Harmer LS, Sanchez-Sotelo J (2015) Total elbow arthroplasty for distal humerus fractures. *Hand Clin* 31(4):605–614
- Pooley J, Salvador Carreno J (2015) Total elbow joint replacement for fractures in the elderly – functional and radiological outcomes. *Injury* 46:S37–S42
- Muller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J (1990) *Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones*. Springer, Berlin
- Neer CS (1970) Displaced proximal humeral fractures. Part 1. Classification and evolution. *J Bone Jt Surg* 52A:1077–1089
- Lapner M, Willing R, Johnson JA, King GJ (2014) The effect of distal humeral arthroplasty on articular contact of the elbow. *Clin Biomech* 29:537–544
- Smith GCS, Hughes JS (2013) Unreconstructable acute distal humeral fractures and their sequelae treated with distal humeral hemiarthroplasty; a two-year to eleven-year follow up. *J Shoulder Elb Surg* 22:1710–1723
- Nauth A, McKee MD, Ristevski B et al (2011) Distal humeral fractures in adults. *J Bone Jt Surg* 93A:686–700
- Bryan RS, Morrey BF (1982) Extensive posterior exposure of the elbow. A triceps-sparing approach. *Clin Orthop Relat Res* 166:188–192
- Wolfe SW, Ranawat CS (1990) The osteoconceus flap. An approach for total elbow arthroplasty. *J Bone Jt Surg, Am* 72:684–688
- Amirfeyz R, Clark D, Quick T, Blewitt N (2011) Newcastle approach to the elbow, a cadaveric study. *Arch Orthop Trauma Surg* 131:747–751
- Pierce TD, Herndon JH (1998) The triceps preserving approach to total elbow arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 354:144–152
- McKee MD, Pugh DM, Richards RR et al (2003) Effect of humeral condylar resection on strength and functional outcome after semiconstrained total elbow arthroplasty. *J Bone Jt Surg, Am* 85-A:802–807
- Sanchez-Sotelo J, Ramsey M, King G et al (2011) Elbow arthroplasty: lessons learned from the past and directions for the future. *Instr Course Lect* 60:157–169
- Sabo MT, Athwal GS, King GJ (2012) Landmarks for rotational alignment of the humeral component during elbow arthroplasty. *J Bone Jt Surg, Am* 94:1794–1800
- Grogan B, Blair J, Blease R et al (2014) Exposure of the distal humerus using a triceps hemi-peel approach. *Orthopedics* 37:e455–459
- Kim JM, Mudgal CS, Konopka JF et al (2011) Complications of total elbow arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg* 19:328–339
- Gay DM, Lyman S, Do H et al (2012) Indications and reoperation rates for total elbow arthroplasty: an analysis of trends in New York State. *J Bone Jt Surg, Am* 94(2):110–117
- Cobb TK, Morrey BF (1997) Total elbow arthroplasty as primary treatment for distal humeral fractures in elderly patients. *J Bone Jt Surg, Am* 79:826–832
- Hall JA, McKee MD (2000) Total elbow arthroplasty for intra-articular fractures of the distal humerus. *Tech Orthop* 15(2):120–127
- Antuna SA, Laakso RB, Barrera JL et al (2012) Linked total elbow arthroplasty as treatment of distal humerus fractures. *Acta Orthop Belg* 78:465–472
- Baksi DP, Pal AK, Bakshi D (2010) Prosthetic replacement of elbow for intercondylar fractures (recent or ununited) of humerus in the elderly. *Int Orthop* 35:1171–1177
- Chalidis B, Dimitriou C, Papadopoulos P et al (2009) Total elbow arthroplasty for the treatment of insufficient distal humeral frac-

- tures. A retrospective clinical study and review of the literature. *Injury* 40:582–590
30. Ducrot G, Ehlinger M, Adam P et al (2013) Complex fractures of the distal humerus in the elderly: is primary total elbow arthroplasty a valid treatment alternative? A series of 20 cases. *Orthop Traumatol, Surg Res* 99:10–20
 31. Egol KA, Tsai P, Vazques O et al (2011) Comparison of functional outcomes of total elbow arthroplasty vs plate fixation for distal humerus fractures in osteoporotic elbows. *Am J Orthop* 40:67–71
 32. Frankle MA, Herscovici D, DiPasquale TG et al (2003) A comparison of open reduction and internal fixation and primary total elbow arthroplasty in the treatment of intra-articular distal humerus fractures in women older than age 65. *J Orthop Trauma* 17:473–480
 33. Garcia JA, Mykula R, Stanley D (2002) Complex fractures of the distal humerus in the elderly. The role of total elbow replacement as primary treatment. *J Bone Jt Surg, Br* 84:812–816
 34. Hildebrand KA, Patterson SD, Regan WD et al (2000) Functional outcome of semiconstrained total elbow arthroplasty. *J Bone Jt Surg, Am* 82-A:1379–1386
 35. Kamineni S, Morrey BF (2004) Distal humeral fractures treated with noncustom total elbow replacement. *J Bone Jt Surg, Am* 86-A:940–947
 36. Mansat P, Degorce HN, Bonneville N et al (2013) Total elbow arthroplasty for acute distal humeral fractures in patients over 65 years old—results of a multi-center study in 87 patients. *Orthop Traumatol, Surg Res* 99:779–784
 37. McKee MD, Veillette CJH, Hall JA et al (2009) A multicenter, prospective, randomized, controlled trial of open reduction–internal fixation versus total elbow arthroplasty for displaced intra-articular distal humeral fractures in elderly patients. *J Shoulder Elb Surg* 18:3–12
 38. Ray PS, Kakarlapudi K, Rajsekhar C et al (2000) Total elbow arthroplasty as primary treatment for distal humeral fractures in elderly patients. *Injury* 31:687–692