

Le fratture diafisarie del femore

G. Dessi^{1,a} (✉), E. Cabras¹, A. Guala², A. Ruiu²

¹SC Ortopedia e Traumatologia, AO Brotzu, Cagliari, Italia

²SC Ortopedia e Traumatologia, Ospedale San Martino, Oristano, Italia

^agiuse.dessi@tiscali.it

ABSTRACT – FEMORAL SHAFT FRACTURES

Femoral shaft fractures are injuries with a large number of occurrences. They may be secondary to low-energy trauma, which is more common in children and elderly subjects, or to high-energy trauma, more typical in the young population, associated with multiple trauma and burdened with significant morbidity leading to early and dangerous complications. Locked intramedullary nailing represents the gold standard in the treatment, having a high success rate. The authors, through a review of the literature, deal with a critical perspective of useful feedback in current procedures.

Publicato online: 25 marzo 2015

© Springer-Verlag Italia 2015

Introduzione

Le fratture della diafisi femorale sono lesioni di sempre maggiore riscontro. Possono essere secondarie a traumi a bassa energia, più comuni nei bambini e negli anziani, ovvero ad alta energia, più tipiche della popolazione giovane, associate a politrauma e gravate da significativa morbidità, mortalità e insidiose complicanze precoci e tardive.

L'incidenza di queste lesioni varia dai 19 casi per 100.000 abitanti/anno, riscontrati nel 1988, ai 21 casi ogni 100.000 abitanti/anno nel 2013 [1].

La diagnosi di frattura diafisaria di femore è generalmente semplice e sono quasi sempre sufficienti esami radiografici standard, purché comprensivi di tutto il distretto, dato che l'incidenza di lesioni associate del collo femorale omolaterale è del 2,5–5% e un ritardo diagnostico, pari al 19–31% dei casi, si riscontra per radiografie iniziali inappropriate [2].

Tra le varie classificazioni esiste discreto consenso per quella di Winkler e Hansen (1984), che considera il grado di comminuzione e l'instabilità della frattura parametrati con una scala a punteggio crescente da 1 a 5 ma è più diffusamente accettata la classificazione AO/ASIF foriera di informazioni prognostiche e terapeutiche.

Nelle fratture esposte è di ausilio la classificazione di Gustilo e quella di Tscherny, più focalizzata sul danno dei tessuti molli.

Nell'inquadramento del paziente politraumatizzato, un utile contributo è quello di Pape [3] del 2002, che ha individuato 4 gradi per la valutazione delle lesioni associate e la conseguente strategia di trattamento.

Discussione

Il timing di trattamento è un aspetto molto dibattuto in letteratura. Nelle fratture isolate non sono riportate significative differenze nei casi trattati in urgenza o entro le 72 ore in relazione a complicanze polmonari o durata della degenza, mentre tali complicanze aumentano nei pazienti trattati oltre le 72 ore [4]. Il timing della fissazione definitiva delle fratture della diafisi femorale in pazienti con lesioni multiple ha suscitato un elevato interesse per diversi decenni. Inizialmente questi pazienti venivano considerati “too sick to operate” e stabilizzati con metodiche incruente, con la conseguenza di una lunga ospedalizzazione e inaccettabili complicanze. Negli anni 1970 e 1980, la “early total care” (ETC) si è affermata quale standard di trattamento introducendo la stabilizzazione precoce e definitiva delle lesioni scheletriche diafisarie. A supporto, numerosi studi dimostrarono che il trattamento precoce riduceva le complicanze polmonari, la mortalità e la durata del ricovero ospedaliero (LOS) [5]. Bone [6] consacrò l'uso dell'ETC; tuttavia, con la diffusione dell'ETC emerse un inatteso aumento della sindrome da distress respiratorio e di insufficienza multiorgano [7]. L'applicazione dell'ETC fu criticata in presenza di lesioni associate del torace o del cranio. L'aumento della morbidità, dopo un intervento chirurgico precoce in questi pazienti, venne spiegata con l'ipotesi del *second hit* da sommare al *first hit* secondario al trauma primitivo [8]. Il *second hit* è associato a picchi di TNF alfa, IL6 e IL10, ma la produzione di citochine pro infiammatorie risulta proporzionale all'entità del danno

iniziale e dell'ipossia. Il picco di IL6 si manifesta entro 2 ore dall'inchiodamento.

Una risposta infiammatoria imponente ha come epifenomeno finale una sindrome da distress respiratorio (ARDS) o insufficienza multipla d'organo (MOF) [7].

L'incidenza di *Acute Lung Injury* (ALI) e ARDS non è ben codificata in letteratura, anche se è evidente che una più elevata percentuale si riscontra nei pazienti con gravi lesioni toraciche associate. La precoce insorgenza di ALI è secondaria a perdita di liquidi con edema polmonare e infiltrazione cellulare del parenchima che, con la vasocostrizione da microembolia capillare, sono responsabili dell'ipossiemia [9].

Nel tentativo di minimizzare i potenziali danni dell'ETC, Scalea [10] propose il Damage Control in Ortopedia (DCO). I fautori del DCO sostengono che la fissazione esterna offre i vantaggi della stabilizzazione scheletrica precoce, ma limita la *second hit* della chirurgia, riducendo la perdita ematica e il tempo di anestesia [11, 12]. Pape ha dimostrato che nel caso di DCO e successiva conversione non si riscontravano picchi di IL6; altri autori, per contro, testimoniano livelli più bassi di IL6 rispetto al preoperatorio, correlando l'aspetto a fattori infiammatori post traumatici, compreso l'intervento chirurgico.

Numerosi studi hanno indagato il complesso tema della gestione delle "grandi fratture" nei pazienti politraumatizzati. Non è stato raggiunto un consenso unanime in quanto sono numerosi gli studi contrari [10, 11] o favorevoli [6] all'ETC nei traumi gravi. I tassi di complicanze riportati sono differenti tra i diversi Centri e prescindono da DCO o ETC, suggerendo una genesi a più fattori anche organizzativi [13, 14]. In quest'ottica, un recente studio ha invece mostrato risultati sovrapponibili tra un centro traumatologico americano e uno europeo supportato dall'applicazione di principi organizzativi e operativi analoghi [15]. Revisioni sistematiche [16, 17], effettuate nel passato per determinare i tempi di trattamento adeguati della frattura del femore in pazienti con lesioni multiple, concludevano che l'evidenza non supportava una strategia specifica. Da allora, uno studio randomizzato-prospettico [18, 19] e numerosi altri studi retrospettivi sono stati pubblicati, nonché una più recente revisione sistematica [20].

In ogni caso, la letteratura moderna sostiene il trattamento precoce definitivo per la maggior parte dei pazienti politraumatizzati, con l'eccezione per quelli con lesioni addominali gravi che, invece, necessitano di DCO [21–24] per un aumentato rischio di mortalità, ARDS e altre complicanze polmonari dovute all'emorragia massiva associata [25, 26]. Il trattamento razionale di queste fratture è riconducibile a Kuntscher, che ha reso popolare l'inchiodamento endomidollare dapprima non alesato e successivamente alesato, con buoni risultati funzionali ed elevati tassi di guarigione. I concetti di Kuntscher sviluppati e migliorati, negli anni '80 condussero all'adozione dei chiodi bloccati che, grazie al miglior

controllo di lunghezza e rotazione, hanno consentito di ampliare le indicazioni a tutti i tipi di fratture diafisarie, prossimali e distali e alle fratture comminute, rendendo inutile il perfetto contatto con le pareti del canale midollare. L'inchiodamento a cielo chiuso offre il vantaggio biologico rappresentato dalla salvaguardia dell'ematoma di frattura e del periostio; inoltre, il materiale dell'alesaggio, qualora eseguito, apporta stimoli osteoinduttivi e osteoconduttivi nel sito di frattura [27].

La diafisi femorale è vascolarizzata attraverso un'unica arteria nutritizia che penetra la corticale nell'area della linea aspra, da dove si dirama nelle arterie midollari del canale deputate all'irrorazione dei due terzi della corticale dell'osso diafisario [28]. L'alesaggio danneggia l'apporto di sangue endostale che si ristabilisce, comunque, in 8–12 settimane nell'interstizio tra impianto e osso, a fronte di un aumento del flusso periostale del focolaio di frattura. Il non alesaggio risulta meno aggressivo sulla vascolarizzazione endostale, per quanto detto vantaggio sia transitorio, poiché a 12 settimane non si riscontrano differenze rispetto all'alesaggio [29].

Una minore perdita ematica intraoperatoria e un ridotto tempo chirurgico sono stati osservati con i chiodi non alesati, e ciò può rivelarsi vantaggioso nei politraumatizzati per la necessità di interventi più rapidi e ridotto sanguinamento, oppure nei pazienti che, a vario titolo, rifiutano le trasfusioni.

L'alesaggio del canale midollare è stato negli anni uno degli argomenti più dibattuti, poiché correlato con la temibile embolia grassosa. L'ecografia transesofagea intraoperatoria ha documentato una diretta correlazione tra picchi di pressione prodotti dall'alesaggio e la comparsa di emboli nell'atrio destro. Detto fenomeno non è esclusivo, poiché rilevabile anche con l'introduzione di chiodi non alesati [27, 30]. Le preoccupazioni riguardanti l'embolia grassosa, l'ARDS e le morti improvvise intraoperatorie hanno indotto discussioni circa i reali benefici dell'alesaggio rispetto alle potenziali complicanze della metodica, soprattutto nei pazienti politraumatizzati a maggior rischio [31].

Tra gli altri, uno studio prospettico randomizzato della Società Ortopedica Canadese, dimostra che non c'è differenza nell'incidenza di ARDS tra chiodi alesati e non alesati. Vari autori [13, 32] hanno comunque evidenziato l'importanza dell'attivazione del sistema infiammatorio dopo un trauma e il ruolo dei mediatori pro-infiammatori, studiandoli in relazione all'alesaggio del canale midollare. È la gravità del trauma toracico associato la vera concausa delle complicanze polmonari, mentre risulta marginale la metodica di inchiodamento [13].

Per contro, l'associazione di traumi toracici o cranici non controindica in maniera assoluta una precoce fissazione della frattura [8].

Molte esperienze testimoniano buoni risultati con l'inchiodamento non alesato [32, 33], ma studi prospettici rando-

mizzati di confronto tra le metodiche affermano che l'inchiodamento endomidollare con alesaggio costituisce il gold standard nel trattamento delle fratture diafisarie di femore, poiché gravato da un minore percentuale di complicanze a fronte di un'elevata probabilità di guarigione [13, 31, 34].

Anche nel politraumatizzato, se emodinamicamente stabile, con singola frattura di femore e pur in presenza di lesioni associate che non richiedano tempi lunghi di chirurgia, il trattamento precoce con il chiodo endomidollare consente di stabilizzare la frattura, ridurre il sanguinamento e gestire al meglio il paziente [34].

Le fratture esposte Gustilo I-II, ma anche IIIA, possono essere trattate precocemente, entro le 6-8 ore dall'evento, con chiodo endomidollare se le condizioni generali del paziente lo consentono [35].

Considerati dei classici, i lavori di Brumback [36-38] rimarcano che il chiodo endomidollare alesato e bloccato staticamente è il gold standard nel trattamento di tutte le fratture diafisarie di femore, consentendo la consolidazione nel 98% dei casi, e che la dinamizzazione del chiodo durante il periodo di guarigione della frattura non è generalmente necessaria. Il bloccaggio dinamico del chiodo andrebbe riservato solo alle fratture dell'istmo trasverse o oblique corte con comminuzione tipo I o II di Winquist. Quello statico, infatti, non interferisce con il processo di guarigione della frattura per fenomeni di *stress-shielding*, ma assicura un'ottima stabilità meccanica. Sono trascurabili rifratture o nuove fratture nelle zone prossimali o distali dei fori di bloccaggio, dopo la rimozione dell'impianto.

L'approccio chirurgico alla riduzione è ancora controverso, in particolare per quanto attiene l'apertura del focolaio. Alcuni autori rilevano un tasso di complicanze sovrapponibile fra le tecniche a cielo aperto versus chiuso; tuttavia, Rokkanen [39] sostenne che il gold standard è rappresentato dalla riduzione a cielo chiuso per indubbi e noti vantaggi biologici, e numerosi studi successivi confermano questa scelta, pur considerando la possibilità di apertura del focolaio in caso di riduzioni difficili o inaccettabili o la necessità di guadagnare tempo nei pazienti a rischio [40].

Gli accessi alla frattura possono essere anche mininvasivi, ridotti all'essenziale, per ottenere la riduzione desiderata [41]. Anche l'adozione del decubito laterale senza trazione può essere associata con tecniche mininvasive e consente di trattare tutti i tipi di frattura eccetto la Winquist IV [42].

Le pubblicazioni del gruppo AO e di numerosi autori hanno descritto e reso popolare già dagli anni '60 la tecnica di osteosintesi con placca in compressione anche nelle fratture diafisarie del femore. Posizionata a cielo aperto e con tecnica corretta, è in grado di garantire una stabilità assoluta alla frattura. Attualmente, l'osteosintesi con placca occupa un ruolo secondario nel trattamento di queste fratture e, in particolare, trova spazio nelle fratture comminute, eventualmente con utilizzo di un innesto osseo, [50] o nelle fratture diafisarie in presenza di stelo protesico ancora stabile.

La criticità biologica insita nell'uso della placche è rappresentata dal rischio di devitalizzazione della diafisi per l'apertura del focolaio, e ciò comporta un allungamento dei tempi di guarigione e un elevato rischio di complicanze, quali mobilizzazione o rottura degli impianti e pseudoartrosi.

Episodi di rifrattura dopo la rimozione della placca ad avvenuta consolidazione contribuiscono a raffreddare gli entusiasmi iniziali. Dal punto di vista biomeccanico, la placca assorbendo gli stress induce nell'osso sottostante il fenomeno dello "*stress shielding*" con osteoporosi localizzata e assume una posizione svantaggiosa rispetto al chiodo endomidollare perché collocata eccentricamente sulla diafisi femorale.

Le placche hanno un ruolo preminente in presenza di fratture contemporanee della diafisi e dell'estremo prossimale o distale del femore o associate a gravi lesioni arteriose.

Alcuni autori propongono anche in queste fattispecie il trattamento con chiodo retrogrado o anterograde con buoni risultati [43, 44].

Un'interessante opzione per indubbi vantaggi biologici è rappresentata dalla metodica "*bridge plating*", utilizzata nelle fratture comminute chiuse nell'adulto e nel bambino dove, peraltro, non è eseguibile una compressione. È un approccio mininvasivo (MIPO), tecnicamente impegnativo per le difficoltà di raggiungere un'ottimale riduzione indiretta [45].

Conclusioni

L'inchiodamento endomidollare è il metodo di sintesi universalmente accettato nel trattamento delle fratture diafisarie del femore [46].

Con la tecnica dell'inchiodamento endomidollare bloccato, la letteratura EBM riporta tassi di guarigione del 98% con un tasso di pseudoartrosi dell'1,7% nel chiodo alesato e del 4,5% in quello non alesato e un tasso pressoché inesistente di malconsolidazioni e trascurabile di infezioni (0,4%) [47]. Nel confronto tra vari tipi di chiodi è dimostrato che quelli a ingresso trocanterico presentano un rischio di malconsolidazione in varo doppio rispetto a quelli con introduzione dalla fossetta del piriforme mentre non esiste differenza alcuna nel dolore trocanterico postoperatorio [48].

Invece, l'inchiodamento retrogrado presenta un rischio doppio di deformità rotazionale $>10^\circ$ e triplo di deformità angolare $>5^\circ$, come pure un maggior tasso (16%) di accorciamento [49].

CONFLITTO DI INTERESSE Gli autori Giuseppe Dessi, Emanuele Cabras, Alessio Guala e Andrea Ruiu dichiarano di non aver 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 Per questo tipo di studio non è richiesto l'inserimento di alcuna dichiarazione relativa agli studi effettuati su esseri umani e animali.

Bibliografia

1. Enninghorst N, McDougall D, Evans JA et al (2013) Population-based epidemiology of femur shaft fractures. *J Trauma Acute Care Surg* 74(6):1516–1520
2. Wolinsky PR, Johnson KD (1995) Ipsilateral femoral neck and shaft fractures. *Clin Orthop Relat Res* 318:81–90
3. Pape HC, Giannoudis P, Kretek C (2002) The timing of fracture treatment in polytrauma patients: relevance of damage control orthopedic surgery. *Am J Surg* 183:622–629
4. Rogers FB, Shackford SR, Vane DW et al (1994) Prompt fixation of isolated femur fractures in a rural trauma center: a study examining the timing of fixation and resource allocation. *J Trauma* 36:774–777
5. Giannoudis PV (2003) Surgical priorities in damage control in polytrauma. *J Bone Jt Surg Br* 85(4):478–483
6. Bone LB, Johnson KD, Weigelt J, Scheinberg R (1989) Early versus delayed stabilization of femoral fractures. A prospective randomized study. *J Bone Jt Surg Am* 71:336–340
7. Pape HC, Schmidt RE, Rice J et al (2000) Biochemical changes after trauma and skeletal surgery of the lower extremity: quantification of the operative burden. *Crit Care Med* 28:3441–3448
8. Giannoudis PV, Smith RM, Bellamy MC et al (1999) Stimulation of the inflammatory system by reamed and unreamed nailing of femoral fractures. An analysis of the second hit. *J Bone Jt Surg Br* 81:356–361
9. Husebye E, Lyberg T, Opdahl H, Aspelin T (2012) Intramedullary nailing of femoral shaft fracture in polytraumatized patients. A longitudinal prospective and observational study of the procedure-related impact on cardiopulmonary and inflammatory responses. *Scand J Trauma Res Emerg Med* 20:2
10. Scalea TM, Boswell SA, Scott JD et al (2000) External fixation as a bridge to intramedullary nailing for patients with multiple injuries and with femur fractures: damage control orthopedics. *J Trauma* 48:613–623
11. Nowotarski PJ, Turen CH, Brumback RJ, Scarboro JM (2000) Conversion of external fixation to intramedullary nailing for fractures of the shaft of the femur in multiply injured patients. *J Bone Jt Surg Am* 82:781–788
12. Pape HC, Hildebrand F, Pertschy S et al (2002) Changes in the management of femoral shaft fractures in polytrauma patients: from early total care to damage control orthopedic surgery. *J Trauma* 53:452–461
13. Canadian Orthopaedic Trauma Society (2006) Reamed versus unreamed intra-medullary nailing of the femur: comparison of the rate of ARDS in multiple injured patients. *J Orthop Trauma* 20:384–387
14. O'Toole RV, O'Brien M, Scalea TM et al (2009) Resuscitation before stabilization of femoral fractures limits acute respiratory distress syndrome in patients with multiple traumatic injuries despite low use of damage control orthopedics. *J Trauma* 67:1013–1021
15. Schreiber MV, Tarkin IS, Hildebrand F et al (2011) The timing of definitive fixation for major fractures in polytrauma—a matched pair comparison between a US and European Level I trauma centres: analysis of current fracture management practice in polytrauma. *Injury* 42:650–654
16. Rixen D, Grass G, Sauerland S et al (2005) Evaluation of criteria for temporary external fixation in risk-adapted damage control orthopedic surgery of femur shaft fractures in multiple trauma patients: “evidence-based medicine” versus “reality” in the trauma registry of the German Trauma Society. *J Trauma* 59:1375–1394
17. Dunham CM, Bosse MJ, Clancy TV et al (2001) Practice management guidelines for the optimal timing of long-bone fracture stabilization in polytrauma patients: the EAST Practice Management Guidelines Work Group. *J Trauma* 50:958–967
18. Pape HC, Rixen D, Morley J et al (2007) Impact of the method of initial stabilization for femoral shaft fractures in patients with multiple injuries at risk for complications (borderline patients). *Ann Surg* 246:491–499
19. Pape HC, Grimme K, Van Griensven M et al (2003) Impact of intramedullary instrumentation versus damage control for femoral fractures on immunoinflammatory parameters: prospective randomized analysis by the EPOFF Study Group. *J Trauma* 55:7–13
20. Nahm NJ, Vallier HA (2012) Timing of definitive treatment of femoral shaft fractures in patients with multiple injuries: a systemic review of randomized and nonrandomized trials. *J Trauma Acute Care Surg* 73:1046–1063
21. Flierl MA, Stoneback JW, Beauchamp KM et al (2010) Femur shaft fracture fixation in head-injured patients: when is the right time? *J Orthop Trauma* 24:107–114
22. Lefavre KA, Starr AJ, Stahel PF et al (2010) Prediction of pulmonary morbidity and mortality in patients with femur fracture. *J Trauma* 69:1527–1536
23. Harvin JA, Harvin HW, Camp E et al (2012) Early femur fixation is associated with a reduction in pulmonary complications and hospital charges: a decade of experience with 1,376 diaphyseal femur fractures. *J Trauma Acute Care Surg* 73:1442–1449
24. Kobbe P, Micansky F, Lichte P et al (2013) Increased morbidity and mortality after bilateral femoral shaft fractures: myth or reality in the era of damage control? *Injury* 44:221–225
25. Morshed S, Miclau T, Bembom O et al (2009) Delayed internal fixation of femoral shaft fracture reduces mortality among patients with multisystem trauma. *J Bone Jt Surg Am* 91:3–13
26. Nahm NJ, Como JJ, Wilber JH, Vallier HA (2011) Early appropriate care: definitive stabilization of femoral fractures within 24 hours of injury is safe in most patients with multiple injuries. *J Trauma* 71:175–185
27. Pell AC, Christie J, Keating JF et al (1993) The detection of fat embolism by transesophageal echocardiography during reamed intramedullary nailing. *J Bone Jt Surg Br* 75:921–925
28. Rudloff MI, Smith WR (2009) Intramedullary nailing of the femur: current concepts concerning reaming. *J Orthop Trauma* 23:S12–S17
29. Nakamura T, Itoman M, Yokoyama K (1999) Cortical revascularization after reamed and unreamed intramedullary nailing in the rabbit femur: a microangiographic histometric analysis. *J Trauma* 47(4):744–751
30. Coles RE, Clements FM, Lardenoye JW et al (2000) Transesophageal echocardiography in quantification of emboli during femoral nailing: reamed versus unreamed techniques. *J South Orthop Assoc* 9(2):98–104
31. Shepherd LE, Shean CJ, Gelalis ID et al (2001) Prospective randomized study of reamed versus unreamed femoral intramedullary nailing: an assessment of procedures. *J Orthop Trauma* 15:28–33
32. Pape HC, Regel C, Dwenger A et al (1993) Influence of different methods of intramedullary femoral nailing on lung function in patients with multiple trauma. *J Trauma* 34:540–547
33. Broos P, Reynders P (1998) The unreamed AO femoral intramedullary nail, advantages and disadvantages of a new modular interlocking system. A prospective study of 67 cases. *Acta Orthop Belg* 64(3):284–290

34. Brumback RJ, Virkus WW (2000) Intramedullary nailing of the femur: reamed versus nonreamed. *J Am Acad Orthop Surg* 8:83–90
35. Boriani S, Pascarella R (2006) L'inchiodamento endomidollare nelle fratture esposte del femore. *GIOT Suppl* 1:S82–S84
36. Brumback RJ, Reilly JP, Poka A et al (1988) Intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Part I: Decision-making errors with interlocking fixation. *J Bone Jt Surg Am* 70(10):1441–1452
37. Brumback RJ, Uwagie-Ero S, Lakatos RP et al (1988) Intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Part II: Fracture-healing with static interlocking fixation. *J Bone Jt Surg Am* 70(10):1453–1462
38. Brumback RJ, Ellison TS, Poka A et al (1992) Intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Part III: Long-term effects of static interlocking fixation. *J Bone Jt Surg Am* 74(1):106–112
39. Rokkanen P, Slätis P, Vankka E (1969) Closed or open intramedullary nailing of femoral shaft fractures? A comparison with conservatively treated cases. *J Bone Jt Surg Br* 51-B(2):313–323
40. Kimmatkar N, Hemnani JT, Hemnani TJ, Jain SK (2014) Diaphyseal femoral intramedullary nailing: closed or open intervention? *Int J Sci Stud* 1:5
41. Russell TA, Mir HR, Stoneback J et al (2008) Avoidance of malreduction of proximal femoral shaft fractures with the use of a minimally invasive nail insertion technique (MINIT). *J Orthop Trauma* 22(6):391–398
42. Liao JC, Hsieh P-H, Chuang T-Y et al (2003) Mini-open intramedullary nailing of acute femoral shaft fracture: reduction through a small incision without a fracture table. *Chang Gung Med J* 26:660–668
43. Ostrum FS, Tornetta P, Watson JT et al (2014) Ipsilateral proximal femur and shaft fractures treated with hip screws and a reamed retrograde intramedullary nail. *Clin Orthop Relat Res* 472:2751–2758
44. Okcu G, Aktuglu K (2003) Antegrade nailing of femoral shaft fractures combined with neck or distal femur fractures. A retrospective review of 25 cases, with a follow-up of 36–150 months. *Arch Orthop Trauma Surg* 123:544–550
45. Zlowodzki M, Vogt D, Cole PA, Kregor PJ (2007) Plating of femoral shaft fractures: open reduction and internal fixation versus submuscular fixation. *J Trauma* 63:1061–1065
46. Castelli F, Gaetani G, Capitani D (2009) L'inchiodamento femorale anterogrado nelle fratture diafisarie femorali. *Lo Scalpello* 22:151–157
47. Canadian Orthopaedic Trauma Society (2003) Nonunion following intramedullary nailing of the femur with and without reaming. Results of a multicenter randomized clinical trial. *J Bone Jt Surg Am* 85:2093–2096
48. Starr AJ, Hay MT, Reinert CM et al (2006) Cephalomedullary nails in the treatment of high-energy proximal femur fractures in young patients: a prospective, randomized comparison of trochanteric versus piriformis fossa entry portal. *J Orthop Trauma* 20:240–246
49. Krettek C, Rudolf J, Schandelmaier P et al (1996) Unreamed intramedullary nailing of femoral shaft fractures: operative technique and early clinical experience with the standard locking option. *Injury* 27:233–254
50. Magerl F, Wyss A, Brunner C, Binder W (1979) Plate osteosynthesis of femoral shaft fractures in adults. A follow-up study. *Clin Orthop Relat Res* 8138:63–73