



Monografie OTODI

**PACINI
EDITORE
MEDICINA**

LE FRATTURE PERIPROTESICHE

Inquadramento e gestione

a cura di
Pietro De Biase



Monografie OTODI

PACINI
EDITORE
MEDICINA

LE FRATTURE PERIPROTESICHE

Inquadramento e gestione

*a cura di
Pietro De Biase*

INDICE

Introduzione

Franco Cudoni, Pietro De Biase, Marco Mugnaini

1

Le fratture periprotetiche dell'arto superiore: epidemiologia e fattori di rischio

Edy Biancalani

2

Le fratture periprotetiche: inquadramento e gestione

Arto superiore: trattamento con sintesi

Giovanni Vicenti, Maria Ficele, Irene Vitale, Alessandro Scarpino, Michele Loiodice, Priscilla D'Attis, Giuseppe Solarino

15

Arto superiore

Trattamento: revisione

Simone Nicoletti, Andrea Gabriele Calamita

24

Classificazione ed epidemiologia delle fratture periprotetiche dell'arto inferiore

Leonardo Puddu, Alessandro Santandrea, Alan Casolla, Giovanni Lugani, Gianfranco Pirellas, Fabrizio Cortese

34

Diagnostica e planning chirurgico nelle fratture periprotetiche dell'anca

Jacopo Ambrosini, Marco Selmo, Pietro Spoletini, Nicholas Elena, Stefano Giaretta

41

Le fratture periprotetiche dell'acetabolo: trattamento

Marco Stella, Maddalena Lontaro Baracchini, Francesco Ratto, Emmanuele Santolini, Luigi Branca Vergano

50

Arto inferiore: anca

La sintesi nelle fratture periprotetiche: quando e come

Fabio D'Angelo, Marco Puricelli, Marco De Pietri

60

Arto inferiore: anca

La revisione nelle fratture periprotetiche: quando e come

Arcangelo Morizio, Gabriele Laera, Luca Lombardi, Michele Loiodice, Giuseppe Solarino

69

Arto Inferiore: ginocchio

La sintesi nelle fratture periprotetiche del ginocchio: quando e come

Federico Dettoni, Simone Sanfilippo, Jacopo Vittori

79

Arto inferiore: ginocchio

La revisione nelle periprotetiche del ginocchio: quando e come

Francesco Benazzo, Luca Andriollo

86

Focus on: fratture periprotetiche

Terapie adiuvanti? Quali? Quando? Come? Per quanto tempo?

Francesco Rifino, Maria Tucci, Saverio Calculli, Giuseppe Solarino

100

© Copyright 2026 by Ortopedici Traumatologi Ospedalieri d'Italia (O.T.O.D.I.)

Realizzazione editoriale e progetto grafico
Pacini Editore, Via A. Gherardesca 1, 56121 Pisa
www.pacini medicina.it – info@pacini editore.it

L'editore resta a disposizione degli aventi diritto con i quali non è stato possibile comunicare e per le eventuali omissioni.

Le fotocopie per uso personale del lettore (per propri scopi di lettura, studio, consultazione) possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico, escluse le pagine pubblicitarie, dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dalla Legge n. 633 del 1941 e a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi: <https://www.clearedi.org/topmenu/HOME.aspx>.

Finito di stampare nel mese di settembre 2026
presso le Industrie Grafiche della Pacini Editore Srl Pisa

INTRODUZIONE

Franco Cudoni¹, Pietro De Biase², Marco Mugnaini³

¹ UOC di Ortopedia e Traumatologia Azienda Ospedaliera Universitaria di Sassari, Sassari; ² SOC Ortopedia, Ospedale San Giovanni di Dio, Firenze; ³ SOC Ortopedia, Ospedale Santa Maria Annunziata, Bagno a Ripoli (FI)

Le fratture periprotetiche rappresentano oggi una delle sfide più complesse e critiche per la chirurgia ortopedica moderna, collocandosi all'intersezione tra evoluzione clinica e sostenibilità dei sistemi sanitari. L'impatto clinico e socio-economico di questa patologia è legato a doppio filo all'inesorabile transizione demografica in atto. Secondo gli ultimi dati ISTAT, l'Italia si conferma tra i paesi più anziani al mondo, con una popolazione over 65 che supera il 24% del totale e un indice di vecchiaia in continua crescita. Quest'ampia coorte di pazienti porta con sé un'elevata prevalenza di patologie cronico-degenerative e osteoporotiche, condizioni che incrementano in modo esponenziale il rischio di caduta e di fragilità ossea.

Parallelamente, l'incessante miglioramento della qualità della vita e della richiesta funzionale ha determinato un notevole incremento degli interventi di artroprotesi primaria. Come evidenziato dai report del Programma Nazionale Esiti (PNE) gestito dall'Agenzia Nazionale per i Servizi Sanitari Regionali (AGENAS), in Italia si registrano annualmente oltre 100.000 interventi di protesi dell'anca e più di 80.000 di protesi del ginocchio, eseguiti sia per coxartrosi e gonartrosi sia come trattamento di prima intenzione nelle fratture da fragilità del collo del femore. La combinazione tra un numero sempre maggiore di impianti, sia nuovi che già presenti, e l'allungamento dell'aspettati-

va di vita dei pazienti ha generato un picco d'incidenza delle complicazioni peri-impianto, tra le quali la frattura periprotetica è nei primi tre posti come frequenza.

Come rilevato dalle analisi AGENAS sui tassi di morbidità e mortalità correlati ai traumi nel paziente fragile, le fratture periprotetiche dell'anca e del ginocchio si associano a complicanze sistemiche severe, lunghi tempi di degenza, perdita dell'autonomia e tassi di mortalità a 30 giorni e a un anno assimilabili – e talvolta superiori – a quelli dei grandi traumi o dei fallimenti protesici complessi. La letteratura scientifica internazionale più significativa (da Berry-Cortén a registri di settore come il registro svedese o quello della Mayo Clinic) conferma come tali eventi non rappresentino mere complicanze chirurgiche, bensì vere patologie ad alta complessità assistenziale. Per gli ospedali affrontare la frattura periprotetica significa governare un percorso clinico-assistenziale integrato che richiede competenze multidisciplinari, programmazione delle risorse, gestione tempestiva della casistica traumatologica e percorsi riabilitativi dedicati, al fine di ridurre l'impatto sociale ed economico di quella che a tutti gli effetti si configura come una nuova epidemia ortopedica. Per lo specialista ortopedico la frattura periprotetica esige una competenza trasversale che si può ottenere solo con esperienza o privilegiando un lavoro di équipe.

LE FRATTURE PERIPROTESICHE DELL'ARTO SUPERIORE: EPIDEMIOLOGIA E FATTORI DI RISCHIO

Edy Biancalani

Ospedale San Giovanni di Dio Torregalli, Firenze

L'incremento dell'aspettativa di vita della popolazione e la crescente diffusione della chirurgia protesica dell'arto superiore, in particolare della spalla e del gomito, hanno determinato un significativo miglioramento della qualità di vita di numerosi pazienti, consentendo il recupero della funzionalità articolare e la riduzione del dolore.

Parallelamente, tuttavia, l'aumento del numero di procedure eseguite ha comportato una maggiore incidenza delle complicanze associate agli impianti protesici. Tra queste, le fratture periprotetiches rappresentano una delle problematiche più complesse e impegnative per il chirurgo ortopedico.

Le fratture periprotetiches sono definite come soluzioni di continuo dell'osso che si verificano in prossimità o attorno a un impianto protesico. Tali lesioni non costituiscono soltanto una semplice frattura ossea, ma riflettono un'alterazione dell'equilibrio biomeccanico tra tessuto osseo, eventuale cemento di fissazione e componente protesica. La comprensione dei meccanismi eziopatogenetici e dei fattori predisponenti riveste pertanto un ruolo fondamentale nella prevenzione e nella gestione di queste complicanze.

EPIDEMIOLOGIA

Artroplastica della spalla

Le fratture periprotetiches associate all'ar-

troplastica della spalla interessano prevalentemente l'omero, sebbene possano coinvolgere anche la componente glenoidea. L'incidenza riportata in letteratura varia dallo 0,6% al 3% negli interventi di impianto primario e aumenta significativamente negli interventi di revisione, raggiungendo valori compresi tra il 4% e l'8,5%¹⁻³.

L'introduzione della protesi inversa della spalla (Reverse Shoulder Arthroplasty, RSA) ha modificato sostanzialmente l'approccio terapeutico a numerose patologie degenerative e traumatiche. Sebbene tale procedura garantisca risultati funzionali soddisfacenti, alcuni studi hanno evidenziato un incremento dell'incidenza di fratture periprotetiches intraoperatorie, in particolare a carico della glena, dell'acromion e della spina della scapola, verosimilmente correlato alle peculiari sollecitazioni biomeccaniche generate da questa configurazione protesica.

Artroplastica del gomito

Le fratture periprotetiches del gomito presentano un'incidenza generalmente superiore rispetto a quelle della spalla, con percentuali riportate tra il 5% e l'11%⁴. Tale maggiore frequenza è attribuibile alla complessità anatomica e biomeccanica dell'articolazione del gomito, nonché alla ridotta

quantità di osso disponibile a livello dell'omero distale e dell'ulna prossimale, strutture particolarmente suscettibili alle sollecitazioni torsionali trasmesse dall'impianto.

FATTORI DI RISCHIO CORRELATI AL PAZIENTE

Le caratteristiche del paziente rappresentano un elemento determinante nello sviluppo delle fratture periprotetiche.

Osteoporosi e qualità ossea

L'osteoporosi costituisce il principale fattore di rischio. La progressiva riduzione della densità minerale ossea e l'assottigliamento della corticale compromettono la resistenza meccanica dello scheletro, aumentando la vulnerabilità alle fratture sia durante l'intervento chirurgico sia nel periodo postoperatorio ^{2,5}.

Artrite reumatoide

I pazienti affetti da artrite reumatoide e da altre patologie infiammatorie croniche presentano un rischio significativamente più elevato di sviluppare fratture periprotetiche. L'infiammazione persistente e il frequente utilizzo di corticosteroidi contribuiscono infatti a una progressiva alterazione della microarchitettura ossea e a una riduzione della qualità del tessuto scheletrico ^{4,6}.

Età e sesso

L'età avanzata, in particolare oltre i 75 anni, e il sesso femminile sono stati associati a una maggiore incidenza di tali complicanze. Tale correlazione è principalmente riconducibile alla maggiore prevalenza dell'osteoporosi e all'aumentato rischio di cadute osservato in queste categorie di pazienti ^{2,4,7}.

FATTORI CORRELATI ALL'IMPIANTO

Le caratteristiche progettuali della protesi e la modalità di interazione con il tessuto osseo circostante influenzano in modo significativo la distribuzione delle sollecitazioni meccaniche.

Stress shielding

Il fenomeno dello *stress shielding* si verifica quando lo stelo protesico, caratterizzato da una rigidità superiore rispetto all'osso circostante, assorbe gran parte delle forze meccaniche normalmente trasmesse allo scheletro. La ridotta stimolazione meccanica dell'osso determina nel tempo un riassorbimento osseo progressivo, con conseguente diminuzione della resistenza strutturale ⁸⁻¹⁰.

Modalità di fissazione

Gli impianti non cementati (*press-fit*) richiedono una stabilità primaria ottenuta mediante interferenza meccanica tra stelo e canale midollare. Questa tecnica può aumentare il rischio di microfratture intraoperatorie, soprattutto nei pazienti con osso osteoporotico.

Gli impianti cementati consentono una distribuzione più uniforme dei carichi; tuttavia, eventuali fenomeni di degradazione o frammentazione del cemento possono determinare zone di debolezza strutturale predisponenti alla frattura ^{8,9}.

Design dello stelo

La lunghezza, la rigidità e la geometria dello stelo influenzano significativamente la distribuzione degli stress. Configurazioni non adeguatamente adattate all'anatomia del paziente possono generare aree di

concentrazione delle sollecitazioni (*stress risers*), frequentemente localizzate all'apice dello stelo, sede tipica delle fratture traumatiche ^{8,9}.

Mobilizzazione asettica

La mobilizzazione asettica rappresenta una delle principali cause di fallimento protesico. I micromovimenti dell'impianto favoriscono la produzione di detriti da usura che inducono una risposta infiammatoria locale, responsabile di fenomeni di osteolisi peripotesica e progressiva perdita di supporto osseo.

FATTORI CHIRURGICI

La tecnica chirurgica riveste un ruolo determinante nella prevenzione delle fratture peripotesiche ^{10,11}.

Preparazione del canale midollare

Durante le procedure di alesaggio e preparazione del canale midollare, un'eccessiva aggressività strumentale o un errato orientamento degli strumenti possono determinare perforazioni corticali o microfratture non immediatamente evidenti.

Inserimento dell'impianto

L'impianto di steli non cementati richiede l'applicazione di forze che, in presenza di osso fragile o di una preparazione non ottimale del canale, possono superare la resistenza meccanica del tessuto osseo e provocare una frattura intraoperatoria.

Chirurgia di revisione

Gli interventi di revisione presentano un ri-

schio significativamente maggiore rispetto agli impianti primari. La rimozione di componenti protesiche precedentemente osteointegrate comporta spesso una perdita di sostanza ossea e un ulteriore indebolimento delle strutture scheletriche residue.

FATTORI TRAUMATICI

Anche in presenza di un impianto correttamente posizionato e stabile, eventi traumatici possono determinare l'insorgenza di una frattura peripotesica ¹⁰.

Traumi a bassa energia

Nella popolazione anziana, la maggior parte delle fratture peripotesiche dell'arto superiore è conseguenza di traumi a bassa energia, quali cadute dalla propria altezza. In tali circostanze, le ridotte capacità di assorbimento delle forze da parte dell'osso osteoporotico favoriscono la comparsa della lesione ¹⁰⁻¹².

Meccanismi biomeccanici

Durante una caduta con appoggio sulla mano o sul gomito, le forze generate lungo l'arto vengono trasmesse alla regione peripotesica. Lo stelo protesico, essendo significativamente più rigido rispetto all'osso, determina una concentrazione delle sollecitazioni in corrispondenza della sua estremità distale, area frequentemente interessata dalla frattura ^{8,10,11}.

CONSIDERAZIONI FINALI

Le fratture peripotesiche dell'arto superiore rappresentano una complicanza complessa dal punto di vista diagnostico e terapeutico. La presenza simultanea di osso spesso osteoporotico, di componenti protesiche e, talvolta, di fenomeni di mobiliz-

zazione rende particolarmente impegnativa la pianificazione del trattamento chirurgico. Alla luce della crescente diffusione delle procedure di artroplastica della spalla e del gomito, la prevenzione assume un ruolo centrale. L'ottimizzazione della qualità os-

sea, l'accurata selezione del paziente, una pianificazione preoperatoria rigorosa e l'impiego di tecniche chirurgiche appropriate costituiscono gli strumenti più efficaci per ridurre l'incidenza di queste complicanze e migliorare gli esiti clinici a lungo termine.

LA GESTIONE DELLE FRATTURE PERIPROTESICHE DEL GOMITO: ANALISI CRITICA E PERCORSI TRATTAMENTALI BASATI SULLA CLASSIFICAZIONE DI MAYO

INTRODUZIONE ED EPIDEMIOLOGIA

Le fratture periprotetiche del gomito rappresentano una complicanza relativamente rara ma di notevole rilevanza clinica nell'ambito della chirurgia ricostruttiva dell'arto superiore. Il progressivo incremento delle procedure di artroplastica totale del gomito (Total Elbow Arthroplasty, TEA), favorito dall'ampliamento delle indicazioni chirurgiche e dall'aumento dell'aspettativa di vita della popolazione, ha determinato una crescente attenzione verso le complicanze associate a tali impianti.

Nonostante i moderni sistemi protesici garantiscano generalmente buoni risultati funzionali e soddisfacenti tassi di sopravvivenza a lungo termine, la particolare anatomia del gomito rende questa articolazione particolarmente vulnerabile all'insorgenza di fratture periprotetiche. La limitata disponibilità di stock osseo a livello dell'omero distale e dell'ulna prossimale, associata alla frequente presenza di condizioni sistemiche che compromettono la qualità ossea, costituisce infatti un importante fattore predisponente.

Tra queste condizioni rientrano l'artrite reumatoide avanzata, l'osteoporosi senile e gli esiti di precedenti traumi complessi, frequentemente riscontrati nella popolazione

candidata all'impianto protesico.

L'incidenza delle fratture periprotetiche del gomito riportata in letteratura varia considerevolmente tra le diverse casistiche, con percentuali comprese tra l'1,5% e l'11%^{1,13}. Tale variabilità riflette non soltanto le differenze nei criteri diagnostici e nei tempi di follow-up, ma anche l'eterogeneità delle popolazioni studiate e delle tipologie di impianto utilizzate.

Dal punto di vista terapeutico, la gestione di queste lesioni rappresenta una sfida complessa. Il trattamento deve infatti perseguire il duplice obiettivo di ristabilire un'adeguata stabilità meccanica dell'articolazione e, al contempo, preservare l'integrità biologica dei tessuti molli periarticolari e delle strutture neurovascolari adiacenti, con particolare attenzione al nervo ulnare, frequentemente coinvolto nelle procedure chirurgiche a livello del gomito.

Al fine di uniformare l'inquadramento diagnostico e orientare le strategie terapeutiche, sono stati proposti diversi sistemi classificativi. Tra questi, la classificazione di Mayo¹⁴, originariamente sviluppata da Morrey e successivamente adattata alle diverse sedi anatomiche, rappresenta ancora oggi il principale riferimento clinico e scientifico per la valutazione delle fratture periprotetiche del gomito¹.

LA CLASSIFICAZIONE DI MAYO DELLE FRATTURE PERIPROTESICHE DEL GOMITO

La classificazione di Mayo si basa su criteri clinici e radiografici che consentono di distinguere le diverse tipologie di frattura in relazione al momento di insorgenza, alla stabilità dell'impianto protesico e all'eventuale presenza di condizioni patologiche associate, quali mobilizzazione asettica o infezione periprotetica.

Il sistema classificativo identifica tre principali categorie di lesioni, distinguendo innanzitutto le fratture intraoperatorie da quelle che si manifestano nel periodo postoperatorio. Un ulteriore elemento fondamentale è rappresentato dalla valutazione della stabilità della componente protesica, poiché la presenza di un impianto stabile o mobilizzato influenza in maniera determinante la scelta terapeutica e la prognosi funzionale.

La classificazione considera inoltre l'eventuale associazione con processi biologici di fallimento dell'impianto, come l'osteolisi periprotetica, la mobilizzazione asettica o l'infezione, fattori che possono compromettere significativamente la guarigione ossea e richiedere strategie ricostruttive più complesse.

Tipo I: Fratture intraoperatorie

Le fratture periprotetiche di tipo I insorgono durante l'intervento chirurgico di impianto primario o di revisione dell'artroprotesi totale del gomito (TEA). Tali lesioni sono generalmente correlate alle fasi più delicate della procedura, quali la rimozione di tessuto osseo sclerotico, la preparazione dei canali midollari omerale e ulnare mediante brocciatura e l'inserimento delle componenti protesiche.

Il rischio di frattura risulta particolarmente elevato nei pazienti con ridotta qualità ossea, come nei casi di osteopenia o osteoporosi associate a terapia corticosteroidea cronica, nonché durante l'utilizzo di impianti non cementati che richiedono una stabilità primaria ottenuta mediante *press-fit*.

Le sedi maggiormente interessate comprendono gli epicondili mediale e laterale, la corticale posteriore dell'omero in corrispondenza dell'ingresso del canale midollare e la regione dell'olecrano.

Dal punto di vista clinico, il riconoscimento immediato della lesione durante l'intervento consente una stabilizzazione tempestiva e adeguata, riducendo il rischio di complicanze postoperatorie e limitando l'impatto sul successivo percorso riabilitativo⁸.

Tipo II: Fratture postoperatorie

Le fratture di tipo II rappresentano la forma più frequente di frattura periprotetica del gomito e si verificano generalmente in seguito a traumi a bassa energia, quali le cadute accidentali dalla propria altezza. In questo contesto, l'elemento determinante per l'inquadramento terapeutico è rappresentato dalla valutazione della stabilità dell'impianto protesico e dell'interfaccia osso-protesi o cemento-osso^{2,15,16}.

Tipo IIA: fratture con impianto stabile

Nel sottotipo IIA la frattura interessa il segmento osseo in prossimità dello stelo protesico, sviluppandosi a livello periprotetico oppure in sede prossimale o distale rispetto all'impianto. Nonostante la presenza della lesione, la componente protesica mantiene una stabilità meccanica soddisfacente, senza evidenza di mobilizzazione.

L'esame radiografico non mostra segni di progressiva radiolucenza periprotetica,

cedimento dell'interfaccia cemento-osso o migrazione delle componenti. In tali circostanze, l'obiettivo terapeutico principale consiste nel trattamento della frattura preservando l'impianto esistente¹⁵⁻¹⁷.

Tipo IIB: fratture con impianto instabile

Le fratture classificate come IIB sono caratterizzate dalla perdita di stabilità della componente protesica. In questi casi, la lesione compromette il supporto osseo necessario al mantenimento dell'impianto, determinando mobilizzazione o migrazione dello stelo all'interno del canale midollare.

Tale quadro si associa frequentemente a una significativa perdita di stock osseo metafisario e richiede procedure chirurgiche più complesse, che possono includere la revisione protesica associata a tecniche di ricostruzione ossea^{6,15}.

Tipo III: fratture associate a mobilizzazione asettica o infezione

Le fratture di tipo III si sviluppano in un contesto caratterizzato da un preesistente fallimento biologico dell'impianto. In questi pazienti il tessuto osseo risulta già gravemente compromesso da processi patologici cronici che ne riducono progressivamente la resistenza meccanica.

Una delle principali cause è rappresentata dall'osteolisi periprotetica indotta dai detriti da usura (*wear debris*), i quali attivano una risposta infiammatoria responsabile del riassorbimento osseo. Analogamente, le infezioni periprotetiche croniche (Periprosthetic Joint Infection, PJI) determinano una progressiva distruzione dell'osso attraverso meccanismi infiammatori e osteolitici. In queste condizioni, la frattura assume spesso le caratteristiche di una frattura pa-

tologica e può manifestarsi anche in assenza di un trauma significativo o in seguito a sollecitazioni meccaniche minime^{6,16}.

ALGORITMO TERAPEUTICO E CONSIDERAZIONI CHIRURGICHE

La gestione delle fratture periprotetiche del gomito richiede un approccio multidimensionale che non si limiti alla sola classificazione della lesione secondo il sistema di Mayo. La pianificazione terapeutica deve infatti integrare la valutazione della stabilità dell'impianto, della qualità dello stock osseo residuo, delle condizioni dei tessuti molli e dello stato clinico generale del paziente.

In tale contesto, il Pentagon Concept rappresenta un modello utile per la stadiazione globale del caso clinico, consentendo di analizzare simultaneamente i fattori meccanici, biologici e sistemici che influenzano il processo di guarigione. Particolare attenzione deve essere rivolta allo stato metabolico dell'osso, alla presenza di osteoporosi, alle comorbidità associate e agli eventuali segni di infezione o mobilizzazione protesica, elementi che condizionano in modo significativo la scelta del trattamento e la prognosi funzionale^{7,10}.

Focus sulle tecniche di osteosintesi nelle fratture di Tipo IIA

Nelle fratture periprotetiche postoperatorie con impianto stabile (tipo IIA), l'obiettivo terapeutico principale è il conseguimento di una stabilità meccanica adeguata, tale da consentire l'avvio precoce della mobilizzazione articolare. Questo aspetto riveste particolare importanza nel distretto del gomito, dove l'immobilizzazione prolungata è frequentemente associata allo sviluppo

Tipo (Mayo)	Stato dell'im-pianto	Strategia chirurgica primaria	Opzioni di fissazione / revisione
Tipo I	Stabile (Intraop.)	Fissazione interna immediata	Fili di Kirschner, cerchiaggi metallici, viti da frammento, mantenimento dello stelo programmato (eventuale cementazione protettiva).
Tipo IIA	Stabile	Conservativo vs osteo-sintesi	Trattamento incruento (tutore/gesso) solo per fratture composte in pazienti fragili. Osteosintesi con placche dedicate bloccate anatomiche e cerchiaggi per fratture scomposte.
Tipo IIB	Instabile	Revisione dell'impianto + fissazione	Rimozione dello stelo mobile, posizionamento di uno stelo da revisione a interconnessione lunga (<i>long-stem</i>), innesti ossei (omologhi o autologhi) e placche di rinforzo.
Tipo III	Fallimento preesistente	Revisione in 1 o 2 tempi	Se asettica: revisione con stelo lungo e ricostruzione dello stock osseo (allograftprosthesis composite).
			Se settica: rimozione dell'impianto, spaziatore in cemento antibiotato, terapia mirata e successiva reimpiantazione.

di rigidità articolare e a una significativa compromissione del recupero funzionale. La pianificazione dell'osteosintesi è resa particolarmente complessa dalla presenza dello stelo protesico endomidollare, che limita l'impiego delle tradizionali viti bicorticali nelle porzioni ossee attraversate dall'impianto. Di conseguenza, il trattamento richiede l'utilizzo di strategie di fissazione specifiche in grado di garantire stabilità senza interferire con la componente protesica.

Attualmente, le placche anatomiche bloccate a stabilità angolare rappresentano la soluzione più frequentemente adottata. Tali dispositivi possono essere impiegati secondo configurazioni in compressione o a ponte, in funzione delle caratteristiche morfologiche della frattura e della qualità

dello stock osseo residuo. La stabilità del costruito viene ulteriormente incrementata mediante l'utilizzo di viti unicorticali bloccate orientate secondo traiettorie divergenti o convergenti, che consentono di massimizzare la presa ossea pur in presenza dello stelo protesico.

Nei segmenti in cui il passaggio delle viti risulta limitato, è spesso necessario associare sistemi di fissazione supplementari, quali cerchiaggi metallici o cavi in titanio. Questi dispositivi permettono di distribuire le forze lungo la corticale ossea e di migliorare la stabilità complessiva dell'osteosintesi, contribuendo al mantenimento dell'allineamento e favorendo il processo di consolidazione ossea.

La combinazione di placche bloccate e sistemi di cerchiaggio rappresenta pertanto

una strategia consolidata nella gestione delle fratture periprotetiche di Tipo IIA, consentendo di ottenere una stabilità sufficiente

te per intraprendere precocemente la riabilitazione e ridurre il rischio di complicanze funzionali postoperatorie ^{2,6,7,10,15,18}.

LE FRATTURE PERIPROTESICHE DELL'OMERO NELLA CHIRURGIA DELLA SPALLA: FISIOPATOLOGIA, CLASSIFICAZIONI CORRENTI E ALGORITMI DI TRATTAMENTO

INTRODUZIONE ED EPIDEMIOLOGIA

Le fratture periprotetiche dell'omero (Periprosthetic Humeral Fractures, PPHF) costituiscono una delle complicanze più complesse e clinicamente rilevanti della chirurgia protesica della spalla. La loro gestione richiede un'elevata competenza tecnica e una comprensione approfondita dei meccanismi biomeccanici e biologici che ne determinano l'insorgenza.

Negli ultimi due decenni, l'ampliamento delle indicazioni all'artroprotesi totale della spalla (Total Shoulder Arthroplasty, TSA) e, in modo ancora più significativo, all'artroprotesi inversa (Reverse Shoulder Arthroplasty, RSA), ha determinato un incremento progressivo dell'incidenza di questa complicanza. Tale tendenza riflette non solo l'aumento del numero assoluto di interventi, ma anche la maggiore complessità clinica dei pazienti oggi candidati alla chirurgia protesica.

Le fratture intraoperatorie presentano un'incidenza stimata tra l'1,2% e l'1,5% e rappresentano una delle principali complicanze procedurali durante l'impianto protesico. Le fratture postoperatorie, invece, mostrano un'incidenza compresa tra lo 0,5% e il 3% nei casi primari, con un incremento significativo nelle procedure di revisione, dove la qualità ossea ridotta e la complessità chirurgica contribuiscono a un rischio nettamente superiore ^{1,13,18}.

L'aumento complessivo di queste lesioni è

strettamente correlato a fattori demografici e clinici ben identificabili, tra cui l'invecchiamento della popolazione, l'elevata prevalenza di osteoporosi nei pazienti sottoposti a RSA per artropatia della cuffia dei rotatori, il mantenimento di livelli funzionali più elevati anche in età avanzata e la crescente frequenza di interventi di revisione complessi.

EZIOPATOGENESI E FATTORI DI RISCHIO

L'analisi dei fattori di rischio associati alle fratture periprotetiche dell'omero richiede una distinzione netta tra eventi intraoperatori e postoperatori, in quanto i meccanismi patogenetici e le implicazioni cliniche risultano significativamente differenti.

Fattori di rischio intraoperatori

Le fratture intraoperatorie sono frequentemente correlate a variabili tecniche e biomeccaniche. Tra queste, un ruolo rilevante è svolto da manovre chirurgiche non ottimali, quali un'eccessiva rotazione esterna forzata dell'omero durante l'esposizione articolare o un malposizionamento dello stelo protesico durante l'impianto.

Un ulteriore elemento di rischio è rappresentato da errori di dimensionamento dell'impianto, in particolare dall'utilizzo di brocche o steli sovradimensionati rispetto al canale midollare. Tale condizione, soprat-

tutto nei sistemi a fissazione biologica non cementata, può determinare un aumento significativo delle forze circonfenziali esercitate sulla corticale omerale (*hoop stress*), favorendo la comparsa di fratture ^{5,11,19}. Infine, condizioni anatomiche complesse, come una glena marcatamente retroversa o una severa retrazione dei tessuti molli periarticolari, possono richiedere manovre di riduzione più aggressive, aumentando ulteriormente il rischio di danno osseo intraoperatorio.

Fattori di rischio postoperatori

Nel periodo postoperatorio, il principale determinante di rischio è rappresentato dalla qualità ossea del paziente. L'osteoporosi costituisce un fattore indipendente di primaria importanza, sia per l'insorgenza della frattura sia per il possibile fallimento precoce dell'impianto. In diversi studi, un ridotto indice corticale (Cortical Index < 60%) è stato riscontrato in una quota significativa di pazienti che sviluppano fratture periprotetiche. Un ulteriore fattore rilevante è la necrosi avascolare dell'omero prossimale, in particolare nelle forme post-traumatiche o steroide-indotte, che determinano un progressivo deterioramento della struttura ossea metafisaria. L'artrite reumatoide rappresenta un'altra condizione frequentemente associata alle PPHF. Circa la metà dei pazienti che sviluppano una frattura periprotetica dopo TSA

presenta tale patologia, verosimilmente in relazione alla combinazione di erosione ossea marginale, infiammazione cronica e uso prolungato di corticosteroidi.

SISTEMI DI CLASSIFICAZIONE A CONFRONTO

Nel corso del tempo, i sistemi di classificazione delle fratture periprotetiche di omero si sono progressivamente evoluti, passando da una semplice descrizione morfologica della rima di frattura a modelli più complessi e clinicamente orientati. L'obiettivo attuale non è soltanto la descrizione anatomica della lesione, ma la sua integrazione in un inquadramento prognostico e terapeutico più ampio, in grado di guidare in modo più accurato la scelta del trattamento chirurgico e la pianificazione della strategia ricostruttiva.

Classificazione di Wright e Cofield (1995)

Storicamente basata sulla localizzazione della rima rispetto allo stelo protesico:

- **Tipo A:** Frattura localizzata all'apice dello stelo ed estesa prossimalmente per più di un terzo della lunghezza dello stelo stesso.
- **Tipo B:** Frattura centrata all'apice dello stelo, estesa distalmente.
- **Tipo C:** Frattura localizzata interamente

Sistemi di classificazione delle PPHF.

Wright & Cofield (1995)	Worland (1999)	Classificazioni Moderne (2014-2018)
Tipo A: prossimali	Tipo A: tuberosità	Tipologia dell'impianto (<i>stamless</i> , anatomica, RSA)
Tipo B: attorno allo stelo	Tipo B: attorno allo stelo	Stabilità dell'impianto
Tipo C: distali allo stelo	(B1 stabile / B2 instabile)	Stato della cuffia
	Tipo C: distali	Stabilità dell'impianto

a valle (distalmente) rispetto all'apice dello stelo, estendendosi verso la diafisi distale ^{1,20}.

Classificazione di Worland (1999)

Ha introdotto per la prima volta il concetto cruciale di **stabilità dello stelo**, tuttora cardine decisionale:

- **Tipo A:** Fratture che isolano le tuberosità (trochite o trochine).
- **Tipo B:** Fratture attorno allo stelo protesico. Si suddividono in:
 - *B1:* Frattura a spirale o obliqua lunga, con impianto stabile.
 - *B2:* Frattura trasversa o obliqua corta, o comminuta, che determina l'instabilità meccanica dello stelo.
- **Tipo C:** Fratture distali allo stelo, che si comportano essenzialmente come fratture diafisarie dell'omero nativo ¹⁶.

Evoluzioni Moderne e Sistemi Comprensivi (2014-2018)

Le classificazioni attuali — come lo Unified Classification System (UCS) o la classificazione di Kirchoff — superano i limiti dei vecchi sistemi integrando variabili biologiche e biomeccaniche complesse:

1. **Tipologia dell'Impianto:** *Stemless* (senza stelo), *Stemmed/Anatomic* (protesi anatomica con stelo) o *Reversed* (protesi inversa).
2. **Stabilità dell'Impianto:** Differenziazione netta tra impianto stabile (S - Stable) e mobile/instabile (L - Loose).
3. **Integrità della Cuffia dei Rotatori:** Fondamentale nelle protesi anatomiche e inverse per definire il ripristino della cinematica articolare (Cuffia Intatta vs Cuffia Lesionata) ^{9,16}.

ALGORITMI DI TRATTAMENTO E TECNICHE CHIRURGICHE

L'attuale orientamento nel trattamento delle fratture periprotetiche dell'omero si è progressivamente allontanato da una visione esclusivamente meccanica della stabilizzazione, evolvendo verso un modello integrato che considera in modo congiunto aspetti biomeccanici e biologici della guarigione ossea. In questo contesto, si è assistito al passaggio dal Diamond Concept al più recente Pentagon Concept. Quest'ultimo amplia il paradigma tradizionale, includendo in maniera sistematica il trattamento farmacologico dell'osteoporosi come componente essenziale della strategia terapeutica. L'impiego di farmaci anabolizzanti ossei, quali teriparatide o romosozumab, è finalizzato a stimolare attivamente il metabolismo osseo e a migliorare la capacità di consolidazione della frattura, riducendo al contempo il rischio di fallimento dei mezzi di sintesi ^{9,10}.

Linee guida in base alla stabilità dell'impianto

Fratture con impianto stabile (Worland A, Worland B1, Worland C)

Nei casi in cui la componente protesica mantenga una stabilità adeguata, la strategia terapeutica deve essere attentamente individualizzata. Il trattamento conservativo può essere preso in considerazione esclusivamente in fratture composte o in fratture a spirale lunghe (Worland B1), e solo in pazienti con elevato rischio anestesilogico o chirurgico.

Nella maggior parte dei casi, tuttavia, il trattamento di scelta è rappresentato dall'osteosintesi a cielo aperto (ORIF), mediante

placche bloccate a stabilità angolare specificamente progettate per l'omero prossimale o diafisario. La presenza dello stelo endomidollare limita l'utilizzo di viti bicorticali tradizionali, rendendo necessario l'impiego di viti unicorticali bloccate, spesso orientate in configurazioni convergenti.

La stabilità del costruito viene ulteriormente incrementata mediante l'associazione con cerchiaggi o cavi in titanio, posizionati attorno alla corticale ossea e alla protesi. In presenza di significativa perdita ossea, può essere indicato l'utilizzo di innesti corticali strutturali (*allograft struts*), che contribuiscono a migliorare la stabilità torsionale e la resistenza meccanica complessiva.

Fratture con impianto instabile (Worland B2, Tipo III)

In presenza di instabilità della componente protesica, l'osteosintesi isolata non garantisce risultati affidabili e risulta generalmente destinata al fallimento.

In questi casi è indicata la revisione della componente omerale, con rimozione dello stelo mobilizzato e impianto di uno stelo lungo da revisione. Tale componente deve superare il focolaio di frattura di almeno due-tre diametri corticali, al fine di garantire un adeguato ancoraggio distale. La fissazione può essere ottenuta mediante cementazione distale oppure tramite fissazione , in funzione della qualità e quantità dello stock osseo residuo.

Lo stelo lungo svolge una duplice funzione, agendo sia come elemento protesico sia come dispositivo endomidollare di stabilizzazione. La ricostruzione viene frequentemente completata mediante cerchiaggi e, quando necessario, mediante l'applicazione di placche di supporto a ponte, con l'obiettivo di migliorare la stabilità globale del sistema ^{16,21}.

CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI CLINICHE

La gestione delle fratture periprotetiche dell'omero richiede una pianificazione accurata e multidisciplinare, basata su un'analisi completa delle condizioni locali e sistemiche del paziente.

In primo luogo, è fondamentale un inquadramento diagnostico accurato, che preveda l'esecuzione di una tomografia computerizzata con ricostruzioni tridimensionali e sistemi di riduzione degli artefatti metallici (Metal Artifact Reduction Sequence, MARS), al fine di identificare eventuali segni di mobilizzazione precoce o osteolisi periprotetica non evidenti alla radiografia standard.

In secondo luogo, l'approccio chirurgico deve essere altamente flessibile e supportato dalla disponibilità in sala operatoria sia di sistemi avanzati di osteosintesi (placche bloccate poliasciali, cavi e sistemi di cerchiaggio), sia di uno strumentario dedicato alla chirurgia di revisione protesica e alla gestione di eventuali difetti ossei mediante allotrapianti strutturali.

Infine, il successo del trattamento non può prescindere dalla gestione del substrato biologico del paziente. In quest'ottica, il Pentagon Concept sottolinea come la sola stabilizzazione meccanica non sia sufficiente a garantire un risultato duraturo, rendendo necessario un trattamento attivo della fragilità ossea sistemica.

TRATTAMENTO FARMACOLOGICO COADIUVANTE

L'evoluzione dei modelli terapeutici ha portato a un progressivo superamento del Diamond Concept in favore del Pentagon Concept, che rappresenta una naturale estensione del paradigma precedente.

Il Diamond Concept, originariamente descritto da Giannoudis e collaboratori, identifica quattro elementi fondamentali per la guarigione ossea: stabilità meccanica, scaffold osteoconduttivo, fattori di crescita osteoinduttivi e cellule osteogeniche, ai quali si aggiunge il ruolo imprescindibile della vascolarizzazione locale.

Tuttavia, nelle fratture periprotetiche – che interessano frequentemente pazienti anziani, fragili e affetti da osteoporosi severa o artrite reumatoide – questo modello si è dimostrato talvolta insufficiente a spiegare o garantire il successo della guarigione.

Il Pentagon Concept introduce quindi una quinta dimensione terapeutica rappresentata dal trattamento farmacologico sistemico dell'osteoporosi. Tale approccio non si limita alla biologia locale della frattura, ma considera lo stato metabolico globale dello scheletro.

L'utilizzo di farmaci anabolizzanti ossei, come il teriparatide o il romosozumab, consente di stimolare il rimodellamento osseo e accelerare il processo di consolidazione. Parallelamente, il miglioramento della densità minerale ossea contribuisce a una maggiore stabilità dell'impianto e a una riduzione del rischio di mobilizzazione secondaria.

Inoltre, il trattamento sistemico della fragilità ossea riveste un ruolo fondamentale nella prevenzione delle fratture metacrone e delle revisioni precoci, riducendo in modo significativo il rischio di fallimento del costrutto chirurgico nel medio-lungo termine.

In sintesi, mentre il Diamond Concept si focalizza prevalentemente sugli aspetti locali della guarigione ossea e sulla stabilizzazione meccanica, il Pentagon Concept introduce una visione più ampia e integrata, nella quale la chirurgia e la terapia medica agiscono sinergicamente per ottimizzare l'esito clinico complessivo ^{9,11,12,21}.

Bibliografia

- ¹ Wright TW, Cofield RH. Humeral fractures after shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77(9):1340-6. <https://doi.org/10.2106/00004623-199509000-00008>
- ² Zumstein MA, Pisan M, Schoenhof MR, Nyfeler RW, Gerber C. Problems and complications in reverse total shoulder arthroplasty: a systematic review of the literature. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20(1):146-57. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2010.08.001>
- ³ Checketts EX, Bradley JG. Low-energy periprosthetic fractures of the upper limb. *Injury.* 2017;48 Suppl 2:S24-S29.
- ⁴ Morrey BF, Bryan RS. Complications of total elbow arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1982;(170):204-12.
- ⁵ Sanchez-Sotelo J, O'Driscoll SW. Periprosthetic humeral fractures after total elbow arthroplasty: treatment with a compression plate and allograft struts. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(22):e173.
- ⁶ Athwal GS, Sperling JW, Cofield RH. Periprosthetic fractures associated with total shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(3):594-603. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00439>.
- ⁷ Seybold D, Gekle C, Geßmann J, Schildhauer TA. Periprosthetic fractures of the upper extremity: Epidemiology and management algorithms. *Obere Extremität.* 2019;14(3):185-192.
- ⁸ King GJ, Adams RA, Morrey BF. Total elbow arthroplasty: Revision for component loosening or fracture. *J Bone Joint Surg Br.* 1997;79(5):748-55.
- ⁹ Morrey BF, Adams RA. Semi-constrained total elbow arthroplasty for rheumatoid arthritis: a long-term follow-up of the Coonrad-Morrey prosthesis. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74(4):479-90.
- ¹⁰ Sanchez-Sotelo J, O'Driscoll S. Periprosthetic elbow fractures. In: Ramsey M, editor. *Advanced Reconstruction: Elbow.* Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2015. p. 281-9.
- ¹¹ O'Driscoll SW, Morrey BF. Periprosthetic fractures about the elbow. In: Morrey BF, editor. *The Elbow and Its Disorders.* 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders; 2000. p. 649-55.

- ¹² Foruria AM, Oh JH, Munuera L, Morrey BF. Intraoperative fractures during total elbow arthroplasty: incidence, risk factors, and management. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011;20(2):293-301.
- ¹³ Rando G, De Biase P, Biancalani E. The Unified Classification System for periprosthetic fractures: application and reliability in upper limb arthroplasty. *Musculoskelet Surg.* 2018;102(Suppl 1):45-52.
- ¹⁴ Giannoudis PV, Einhorn TA, Marsh D. Fracture healing: the diamond concept. *Injury.* 2007;38(Suppl 4):S3-6. [https://doi.org/10.1016/s0020-1383\(08\)70003-2](https://doi.org/10.1016/s0020-1383(08)70003-2)
- ¹⁵ De Biase P, Biancalani E. Le fratture Peri-Protesiche: una patologia in crescita. In: Atti del Congresso Nazionale della Società Italiana di Chirurgia dell'Osteoporosi (S.I.C.O.S.T.); 2023 Mar 25; Cecina (LI), Italia.
- ¹⁶ Capone A, Congia S, Civinini R, et al. Periprosthetic fractures: epidemiology and current treatment. *Clin Cases Miner Bone Metab.* 2017;14(2):189-196. <https://doi.org/10.11138/ccmbm/2017.14.1.189>
- ¹⁷ Gebrehal A, Green AD, Schacherer T, et al. Periprosthetic humerus fractures: classification, management, and review of the literature. *J Shoulder Elbow Surg.* 2018;27(8):1520-1532.
- ¹⁸ Bottle A, Griffiths R, White S, et al. Periprosthetic fractures: the next fragility fracture epidemic? A national observational study. *BMJ Open.* 2020;10(10):e042371. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-042371>
- ¹⁹ Novi M, Porcellini G, Donà A, et al. A long-term follow-up of post-operative periprosthetic humeral fracture in shoulder arthroplasty. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2021;12:21514593211039908. <https://doi.org/10.1177/21514593211039908>
- ²⁰ Athwal GS, Sperling JW, Rispoli DM, et al. Periprosthetic humeral fractures during shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(3):594-603. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00439>
- ²¹ Vicenti G, Solarino G, Carrozzo M, et al. Is the posterior approach with posterior locking compression plate and posterior humeral allograft useful and safe in the treatment of periprosthetic humeral fractures following reverse total shoulder arthroplasty? *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2022;13:21514593221080961. <https://doi.org/10.1177/21514593221080961>
- ²² Tyrell Burrus M, Cancienne JM, Blair JA, et al. Shoulder arthroplasty for humeral head avascular necrosis is associated with increased postoperative complications. *HSS J.* 2017;13(2):136-141. <https://doi.org/10.1007/s11420-017-9562-8>
- ²³ Worland RL, Kim DY, Arredondo J. Periprosthetic humeral fractures: management and classification. *J Shoulder Elbow Surg.* 1999;8(6):590-594. [https://doi.org/10.1016/s1058-2746\(99\)90095-2](https://doi.org/10.1016/s1058-2746(99)90095-2)
- ²⁴ Duncan CP, Haddad FS. The Unified Classification System (UCS): a universal system for periprosthetic fractures. *Bone Joint J.* 2014;96-B(12):1613-1616. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B6.34040>
- ²⁵ Kirchhoff C, Beirer M, Brunner U, et al. Validation of a new classification for periprosthetic shoulder fractures. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018;19(1):114. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-3774-5>
- ²⁶ Sanchez-Sotelo J, O'Driscoll SW. Revision total shoulder arthroplasty for periprosthetic humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* 2013;22(10):e11-e17.

LE FRATTURE PERIPROTESICHE: INQUADRAMENTO E GESTIONE

Arto superiore: trattamento con sintesi

Giovanni Vicenti, Maria Ficele, Irene Vitale, Alessandro Scarpino, Michele Loiodice, Priscilla D'Attis, Giuseppe Solarino

UOC Ortopedia e Traumatologia, Azienda Ospedaliero Universitaria Policlinico di Bari

INTRODUZIONE: TRATTAMENTO CONSERVATIVO O CHIRURGICO?

Le fratture periprotetichesche dell'arto superiore interessano in larga prevalenza l'omero e si verificano dopo artroplastica anatomica o inversa della spalla. Si tratta di una complicanza rara ma ad elevata complessità gestionale, la cui incidenza è destinata ad aumentare in parallelo alla diffusione delle protesi della spalla nella popolazione anziana, all'allungamento dell'aspettativa di vita e all'incremento del numero di interventi di revisione. Le evidenze disponibili derivano in larga parte da studi retrospettivi e da casistiche numericamente limitate, condizione che impone un approccio individualizzato, basato sulle caratteristiche del paziente e sul pattern fratturativo ^{1,2}.

L'incidenza riportata nelle casistiche oscilla complessivamente fra lo 0,5% e il 3% per le forme postoperatorie ¹. I fattori di rischio classicamente individuati comprendono il sesso femminile, l'età avanzata, l'osteoporosi, l'artrite reumatoide, gli interventi di revisione, gli steli *press-fit*, una cortical-to-canal ratio sfavorevole e una precedente chirurgia della spalla. Anche meccanismi a bassa energia, come una caduta dalla sta-

zione eretta, sono sufficienti a generare la frattura nel paziente con osso periprotetico fragile.

La decisione fra trattamento conservativo, osteosintesi e revisione protesica si fonda su tre elementi cardine: stabilità dello stelo, sede e pattern di frattura, qualità ossea e condizioni generali del paziente. Una recente revisione sistematica con metanalisi ha documentato che il trattamento incruento conduce a guarigione in circa il 70% dei casi opportunamente selezionati, ma con un rischio non trascurabile di fallimento; nelle fratture con stelo stabile l'osteosintesi (Open Reduction and Internal Fixation, ORIF) si associa a un tasso di consolidazione più elevato e a un minor numero di complicanze rispetto alla revisione protesica ³.

Il trattamento conservativo deve pertanto essere riservato alle fratture con pattern semplici, stelo radiograficamente e clinicamente stabile, buon controllo del dolore e paziente collaborante. È tipicamente proponibile nelle fratture oblique lunghe o spiroidi della diafisi (Worland B1) e nelle fratture distali alla punta dello stelo (Worland C) ben allineate, mentre le trasverse o le oblique brevi a livello della punta dello stelo (B2) presentano un alto rischio di pseudoartrosi. I limiti di accettabilità della deformità vanno considerati orientativi e non assoluti, in quanto dipendono dalla sede della frattura,

dalla funzione pre-traumatica, dalla richiesta funzionale e dal rischio anestesiológico. Quando si imposta un trattamento incruento, l'immobilizzazione iniziale prevede in genere un tutore della spalla per due o tre settimane o un tutore funzionale di tipo Sarmiento nelle fratture meta-diafisarie e diafisarie. Il follow-up radiografico deve essere stretto: perdita di riduzione, dolore persistente, comparsa di radiotrasparenze periprotetiche o mancata evoluzione verso la consolidazione impongono una rivalutazione chirurgica. Una soglia decisionale bassa per la conversione a trattamento operatorio è raccomandabile nel paziente anziano, in cui il prolungamento dell'immobilizzazione può tradursi in una rigidità della spalla difficilmente recuperabile.

QUANDO SINTETIZZARE?

L'osteosintesi trova indicazione in base al pattern fratturativo, quando il trattamento conservativo è fallito, quando occorre garantire una mobilizzazione funzionale precoce o quando consente di preservare uno stelo stabile evitando un intervento di revisione più demolitivo. Il presupposto irrinunciabile resta la stabilità dell'impianto: in presenza di stelo mobilizzato la revisione protesica costituisce il trattamento di riferimento.

La classificazione di Worland conserva un ruolo pratico nell'impostazione terapeutica. Le fratture di tipo A interessano la regione delle tuberosità e sono in genere correlate alla competenza della cuffia dei rotatori. Le fratture di tipo B sono localizzate a livello dello stelo e si articolano in sottotipi in funzione del pattern e della stabilità dell'impianto: B1 spiroidi con stelo stabile, B2 trasverse o brevi oblique a livello della punta dello stelo con impianto stabile, B3 con stelo mobilizzato indipendentemente dal pattern. Le fratture di tipo C, infine, sono distali alla punta dello stelo. In linea

generale, le fratture con stelo stabile possono essere trattate con riduzione e sintesi, mentre la mobilizzazione dello stelo orienta verso la revisione protesica ^{4,5}.

Pur essendo ampiamente diffusa, la classificazione di Worland presenta limiti noti di affidabilità inter-osservatore, in particolare nelle fratture comminute o nelle forme atipiche post-protesi inversa, in cui la punta dello stelo è spesso più distale. Per questo motivo, in letteratura sono state proposte ulteriori classificazioni (Wright-Cofield, Campbell, Groh, Unified Classification System) e algoritmi decisionali integrati ⁵. La classificazione resta uno strumento di orientamento: la scelta del trattamento deve sempre essere ricalibrata alla luce della valutazione intraoperatoria di stabilità dell'impianto e di qualità del *bone stock* disponibile.

VALUTAZIONE DIAGNOSTICA E PLANNING PREOPERATORIO

Un planning efficace prende avvio dall'esame obiettivo. Vanno documentate la deformità, le condizioni cutanee, lo stato vascolare e in particolare eventuali deficit neurologici, con specifica attenzione al nervo radiale, al nervo ascellare nelle fratture più prossimali e al nervo ulnare nelle estensioni distali. La registrazione preoperatoria di un deficit neurologico è indispensabile per distinguere una lesione di origine traumatica da un danno iatrogeno e per orientare la decisione di esplorazione o neurolisi al momento dell'accesso chirurgico.

Le radiografie standard della spalla e omero in due proiezioni rappresentano il primo livello diagnostico. Sono utili proiezioni dell'intero omero comprendenti il gomito, perché la rima di frattura può estendersi a livello distale in modo non immediatamente apparente. La tomografia computerizzata, con ricostruzioni multiplanari e tridimensio-

nali, risulta utile nei casi complessi per definire grado di comminuzione, *bone stock*, eventuale osteolisi, radiotrasparenze periprotetiche, subsidenza dello stelo e rapporto fra rima di frattura, mantello cementizio e impianto. La valutazione della stabilità dello stelo richiede l'integrazione di reperti di imaging, anamnesi, confronto con radiografie precedenti e, quando necessario, riscontro intraoperatorio ⁵.

I segni di mobilizzazione dello stelo includono radiotrasparenze progressive lungo l'interfaccia osso-impianto o osso-cemento, tilt o rotazione dello stelo rispetto alle radiografie postoperatorie iniziali, subsidenza assiale, frattura del mantello cementizio e osteolisi focale. Il sospetto di mobilizzazione orienta verso un planning di revisione protesica con stelo lungo, eventualmente associato a osteosintesi del frammento distale.

Prima di programmare la sintesi è fondamentale escludere una causa infettiva sottostante, soprattutto in presenza di dolore antecedente al trauma, mobilizzazione protesica o segni radiografici atipici. Gli esami ematochimici con indici di flogosi (proteina C reattiva, velocità di eritrosedimentazione, conta leucocitaria) vanno richiesti come screening. Nella protesica della spalla, le infezioni *low-grade* sostenute da *Cutibacterium acnes* possono presentarsi con indici di flogosi normali o minimamente alterati; pertanto, la negatività di PCR e VES non consente da sola di escludere una Periprothetic Joint Infection (PJI). Nei casi dubbi è indicato approfondire con artrocentesi, colture prolungate e percorso diagnostico dedicato. Misconoscere un'infezione sottostante espone al rischio di fallimento precoce della sintesi e di una successiva revisione in due tempi con outcome peggiore ⁶. Il planning deve prevedere la disponibilità di mezzi di sintesi lunghi, cerchiaggi metallici o in fibra sintetica ad alta resistenza, sistemi di fissazione con viti a stabilità poliassiale, innesti osseo corticali autologhi o omologhi

e componenti da revisione, nell'eventualità di un riscontro intraoperatorio diverso da quanto previsto. La placca deve oltrepassare adeguatamente la zona di frattura e la punta dello stelo, evitando la creazione di *stress risers* fra l'estremità della placca e l'apice dell'impianto. Come principio biomeccanico, occorre garantire un bypass sufficiente, tipicamente almeno due-tre diametri corticali ¹⁻⁴ al di sopra e al di sotto della rima di frattura, e una *working length* adeguata, modulando il costruito in base a sede, comminuzione e qualità ossea ⁵.

Sul piano internistico, è opportuno ottimizzare il paziente prima dell'intervento. La valutazione anestesilogica deve considerare età, comorbidità cardiopolmonari, eventuale terapia anticoagulante o antiaggregante e rischio di delirium postoperatorio. Nei pazienti con osteoporosi documentata, è ragionevole impostare contestualmente una terapia osteo-protettiva con apporto di calcio e vitamina D ed eventuali farmaci anti-riassorbitivi o anabolici.

GLI ACCESSI CHIRURGICI

L'accesso antero-laterale, spesso impiegato come estensione distale dell'approccio deltoideo-pettoale, è indicato nelle fratture prossimali e meta-diafisarie. Permette il posizionamento di placche laterali o antero-laterali e consente di identificare distalmente il nervo radiale, fra muscolo brachiale e brachioradiale, proteggendolo durante l'inserimento di viti e cerchiaggi.

L'approccio posteriore paratrocipitale o triceps-sparing è particolarmente utile nelle fratture più distali, segnatamente nelle Worland B2 e C (Fig. 1A): offre ampia esposizione della diafisi omerale, facilita il posizionamento di placche posteriori lunghe e permette il controllo diretto del nervo radiale lungo il suo decorso nella doccia spirale (Fig. 1B), oltre alla protezione del nervo ulnare nelle esposizioni più distali ⁷.

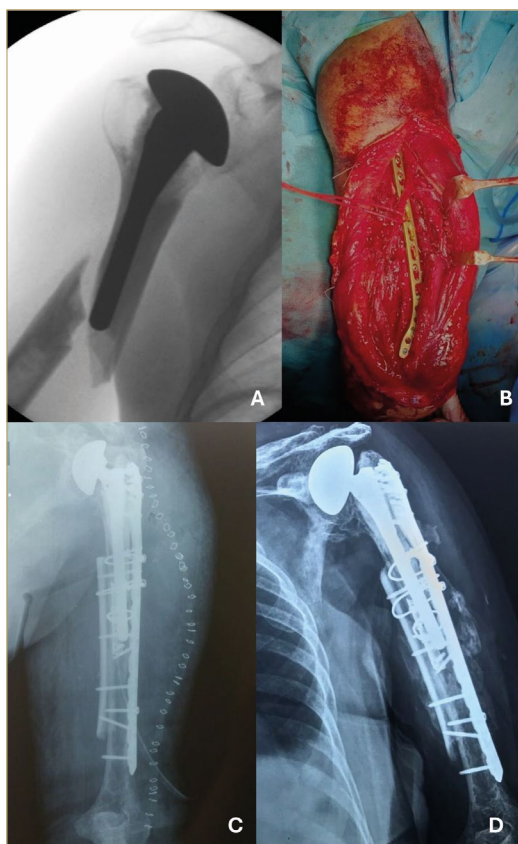


Figura 1. A): frattura tipo Worland B2 in paziente donna di 79aa a seguito di trauma a bassa energia; B): esplorazione, isolamento e protezione del nervo radiale tramite accesso *triceps-sparing* per ORIF di frattura tipo Worland C); C): ORIF di frattura Worland tipo B1 con placca Philos e innesto osseo corticale anteriore fissato con viti bicorticali e cerchiaggi; D): follow-up a 1 anno

La scelta dell'accesso dipende dunque dall'altezza della frattura, dalle cicatrici precedenti, dalla posizione desiderata della placca e dalla possibilità di proteggere le strutture nervose durante il passaggio dei cerchiaggi. Indipendentemente dalla via prescelta, la trazione sul nervo radiale deve essere ridotta al minimo e la sua posizione deve essere identificata prima della chiusura.

L'OSTEOSINTESI NELLE FRATTURE TIPO A E B1

Le fratture di tipo A coinvolgono la regione delle tuberosità e sono strettamente correlate alla funzione della cuffia dei rotatori. Nelle protesi anatomiche, in presenza di cuffia competente e frammento tuberositario isolato, è possibile ricorrere a suture trans-ossee ad alta resistenza o ad ancorette, quando il frammento lo consente. L'obiettivo è una riduzione anatomica: una scomposizione residua della grande tuberosità può infatti compromettere elevazione, rotazione esterna e spazio subacromiale. Nelle protesi inverse il ruolo biomeccanico delle tuberosità è meno determinante rispetto alle protesi anatomiche; tuttavia, la loro guarigione anatomica rimane associata a un miglior recupero della rotazione esterna e della funzione complessiva della spalla, specialmente nei pazienti più attivi.

Nelle protesi inverse, nelle fratture meta-diafisarie e nelle Worland B1 è preferibile un costrutto più robusto, basato su placca a stabilità angolare. La presenza dello stelo limita l'impiego di viti bicorticali nel segmento prossimale; la stabilità deriva pertanto dalla combinazione di viti bloccate monocorticali, viti tangenziali o a stabilità multidirezionale, quando tecnicamente realizzabili, cerchiaggi passati sotto controllo diretto del nervo radiale e, nei casi più fragili, augmentation con innesto strutturale.

Gli studi biomeccanici confermano che la stabilità primaria del costrutto dipende dalla qualità dell'ancoraggio attorno allo stelo e dall'integrazione di sistemi supplementari di fissazione; in osso osteoporotico non è prudente affidarsi a un numero ridotto di viti monocorticali⁸. L'aggiunta di cerchiaggi, viti tangenziali e, nei casi più critici, di un innesto osseo corticale incrementa la rigidità del costrutto e ne migliora il comportamento ciclico, riducendo il rischio

di fallimento per fatica della placca o per *pull-out* delle viti.

Nella pratica, nelle fratture A complesse e nelle B1 con stelo stabile, è raccomandabile una placca LCP (*locking compression plate*) lunga antero-laterale, con almeno due o tre punti di fissazione prossimali, cerchiaggi su placca quando passabili in sicurezza e almeno quattro viti bicorticali distali. È utile garantire una *working length* adeguata fra la rima di frattura e i punti di fissazione più prossimi, evitando una densità eccessiva di viti immediatamente accanto al focolaio. La riduzione, ottenuta con manovre indirette di trazione, va controllata sotto amplificatore di brillantezza in due proiezioni prima del bloccaggio finale.

L'OSTEOSINTESI NELLE FRATTURE TIPO B2 E C

Nelle fratture localizzate alla punta dello stelo o distalmente ad essa, con impianto stabile, la sintesi segue i principi generali della fissazione delle fratture diafisarie: viti interframmentarie con placca di neu-

tralizzazione nelle oblique semplici, compressione nelle trasverse – quando tecnicamente ottenibile – e placca a ponte nei pattern comminuti. La presenza dello stelo modifica però l'applicazione di tali principi, perché pone dei limiti al posizionamento delle viti e impone l'adozione di una *working length* adeguata al di sotto della punta dello stelo, dove il canale midollare diventa accessibile a viti bicorticali.

Per le fratture distali, una placca LCP extra-articolare posteriore consente un ancoraggio lungo e una buona distribuzione delle forze. Il mezzo di sintesi deve oltrepassare con adeguato margine sia la punta dello stelo, idealmente di almeno tre diametri corticali, sia la rima di frattura, evitando zone di transizione rigide a breve distanza dall'impianto. La parte prossimale della placca lavora come un supporto paracorticale ancorata mediante cerchiaggi e viti tangenziali sopra la punta dello stelo, mentre la porzione distale viene fissata con viti bicorticali standard. Le casistiche cliniche, sia storiche sia più recenti, confermano che l'ORIF rappresenta una strategia ragione-

Tabella I. Strategie di osteosintesi suggerite nelle fratture periprotetiche omerali con stelo stabile secondo la classificazione di Worland.

Tipo di frattura	ORIF suggerita
Worland A	Suture trans-ossee/ancorette se CDR competente e frammento tuberositario isolato. Placca LCP antero-laterale + cerchiaggi; considerare innesto osseo corticale mediale/anteromediale se osso porotico o difetto corticale.
Worland B1	Placca LCP antero-laterale lunga + viti monocorticali prossimali/viti tangenziali + cerchiaggi su placca. Considerare innesto osseo corticale se osteoporosi severa, comminuzione o perdita di supporto corticale.
Worland B2/C	Placca LCP extrarticolare posteriore lunga, secondo principi di compressione/neutralizzazione/ponte in base al pattern. Cerchiaggi prossimali se sicuri; considerare innesto osseo corticale anteriore nei difetti corticali o nella revisione di sintesi.
CDR: cuffia dei rotatori; LCP: locking compression plate; ORIF: open reduction and internal fixation.	

vole in un impianto stabile, mentre la revisione protesica è indicata quando lo stelo è mobilizzato o il *bone stock* non consente una sintesi affidabile^{9,10}.

In casi selezionati, minimamente scomposti e con stelo stabile, il trattamento conservativo dopo protesi inversa può avere esito favorevole, ma richiede sorveglianza stretta e una soglia bassa per la conversione chirurgica in caso di perdita di allineamento¹¹. Nella pratica, le fratture con pattern stabile, accorciamento inferiore a un centimetro e angolazione entro 20° sui piani frontale e sagittale possono essere trattate in modo non chirurgico. Le opzioni di sintesi consigliate sono riassunte nella Tabella I.

L'associazione tra placca posteriore e innesto corticale anteriore è stata descritta con risultati favorevoli nelle fratture periprotetiche dopo protesi inversa, soprattutto quando il supporto corticale anteriore è insufficiente o la qualità ossea è scadente¹². L'innesto osseo corticale anteriore, posizionato sul versante opposto alla placca, lavora come secondo elemento di stabilità e fornisce un substrato meccanico che facilita la consolidazione, con fissazione tipicamente ottenuta mediante cerchiaggi e viti bicorticali distali condivise con la placca (Fig. 1C-D).

IL RUOLO DEGLI INNESTI OSSEI

Gli innesti corticali strutturali, omologhi o autologhi, non devono essere considerati obbligatori in ogni osteosintesi, ma diventano utili in presenza di osteoporosi severa, difetti corticali, comminuzione estesa, perdita di supporto mediale o anteriore e revisioni per pseudoartrosi. L'innesto osseo corticale agisce come una placca biologica: aumenta la resistenza a flessione e torsione e riduce lo stress sulla placca principale; tuttavia, il suo utilizzo comporta anche potenziali criticità,

quali riassorbimento, mancata integrazione dell'innesto, aumento del rischio infettivo e maggiore complessità di eventuali revisioni future¹³.

Il posizionamento della stecca corticale deve essere pianificato in funzione del difetto corticale e della posizione della placca. In linea generale, può essere collocato sul versante opposto alla placca o sul lato carente. La superficie ossea di contatto deve essere preparata mediante decorticazione. Il passaggio dei cerchiaggi deve avvenire solo dopo identificazione o protezione del nervo radiale. L'associazione con innesto autologo morcellizzato di spongiosa può implementare significativamente il potenziale biologico del costruito.

Quando l'innesto osseo corticale non è disponibile, possono essere utilizzati sistemi alternativi di augmentation: cemento a iniezione a base di polimetilmetacrilato o di calcio fosfato nei vuoti metafisari, viti bloccate rivestite di cemento, o cementazione del segmento prossimale attorno alle viti monocorticali nei contesti più osteoporotici. Tali tecniche vanno riservate a casi selezionati e applicate da chirurghi esperti, perché il cemento può alterare il pattern di carico dell'osso periprotetico e creare zone di *stress shielding* potenzialmente svantaggiose nel lungo termine.

GESTIONE POSTOPERATORIA E RIABILITAZIONE

Il protocollo postoperatorio rappresenta un elemento cruciale per il successo della sintesi e deve essere personalizzato in funzione della solidità del costruito, della qualità ossea e della compliance del paziente. Nelle prime due o tre settimane è raccomandata l'immobilizzazione in tutore della spalla, con permesso precoce di mobilizzazione attiva del gomito, polso e mano per prevenire la rigidità delle articula-

zioni adiacenti. Una mobilitazione passiva controllata della spalla può essere avviata già dalla seconda-terza settimana nei casi in cui il costrutto offra adeguata stabilità intraoperatoria. Il passaggio a esercizi attivi assistiti avviene tipicamente fra la sesta e l'ottava settimana, mentre il rinforzo progressivo della cuffia dei rotatori e del deltoide è di norma concesso intorno a due-tre mesi.

Il follow-up clinico e radiografico deve essere programmato a intervalli regolari, tipicamente a due, quattro e otto settimane, e successivamente a sei e dodici mesi. A ogni controllo vanno valutati dolore, stato neurovascolare, range of motion attivo e passivo, qualità della cicatrice e segni radiografici di consolidazione, con attenzione alla comparsa di nuove radiotrasparenze periprotetiche o di subsidenza dello stelo. Strumenti di valutazione funzionale standardizzati come il Constant score, l'American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) score e la scala visuo-analogica per il dolore consentono un monitoraggio oggettivo del recupero.

LE COMPLICANZE POST-OPERATORIE

Le fratture periprotetiche omerali trattate con ORIF presentano un profilo di complicanze rilevante; tuttavia, nelle revisioni sistematiche più recenti, la sintesi mostra, nei casi correttamente selezionati, un numero inferiore di complicanze rispetto alla revisione protesica³. Le complicanze di maggior rilievo sono la neuropatia del nervo radiale, la mancata consolidazione, il fallimento meccanico del costrutto e l'infezione, ma vanno considerate anche le complicanze sistemiche del paziente anziano sottoposto a chirurgia ortopedica maggiore, quali eventi tromboembolici, complicanze cardiopolmonari, anemizzazione che richiede

trasfusione e delirium postoperatorio.

La neuropatia del nervo radiale rappresenta una delle complicanze più temute, con incidenza riportata variabile dal 5% al 25% nelle diverse casistiche di osteosintesi periprotetica omerale. Deve essere ricercata e documentata prima dell'intervento; in caso di deficit postoperatorio è necessario controllare radiograficamente i mezzi di sintesi per escludere viti o cerchiaggi in posizione critica e considerare eventuali cause compressive o irritative. Se il quadro clinico è compatibile con una neuroaprassia da trazione ed è disponibile una documentazione intraoperatoria di integrità del nervo, è ragionevole un monitoraggio clinico iniziale, sostenuto da fisioterapia mirata al mantenimento della mobilità passiva del polso e delle dita. Qualora invece il nervo non sia stato isolato e visualizzato durante l'intervento, o il pattern clinico orienti verso una lesione strutturale diretta da mezzo di sintesi, da cerchiaggio o da intrappolamento, è indicata un'esplorazione chirurgica precoce, finalizzata a verificare l'integrità del nervo, a rimuovere eventuali cause compressive e a procedere, se necessario, alla neurolisi o alla riparazione.

La persistenza del deficit oltre tre-quattro mesi richiede uno studio elettromiografico ed elettro-neurografico per definire il livello e la prognosi della lesione. Nelle lesioni complete senza recupero entro sei mesi, le opzioni includono la neurolisi, l'innesto nervoso e i trasferimenti tendinei di salvataggio. Una documentazione neurologica accurata e una protezione attiva del nervo durante tutte le fasi della procedura restano le strategie preventive più efficaci.

Mancata consolidazione e fallimento del costrutto sono favoriti da fissazione prossimale insufficiente, *working length* inadeguata, osso osteoporotico, comminazione non supportata e infezione. La pseudoartrosi può essere ipertrofica, espressione di instabilità meccanica, o atrofica, espressio-

ne di un deficit biologico. Le forme ipertrofiche rispondono in genere a un irrigidimento del costrutto, mentre quelle atrofiche richiedono un approccio combinato meccanico e biologico, con sintesi più robusta associata a innesto strutturale e spungioso.

Nei fallimenti atrofici sono state descritte tecniche di augmentation biologica e meccanica, come la *bamboo support technique*, che combina una nuova placca, un allograft strutturale e innesto corticospongioso nel gap di pseudoartrosi¹³. Lo *strut allograft* viene posizionato sul versante opposto alla placca a guisa di canna di bambù che cinge l'osso ospite, fornendo un supporto corticale stabile e il gap residuo viene riempito con osso spungioso autologo.

L'infezione dopo osteosintesi periprotetica è una complicanza di particolare gravità, sia per la presenza simultanea di due impianti, sia per la fragilità tipica dei pazienti coinvolti. Nelle forme acute, riconosciute entro tre-quattro settimane dall'intervento, la strategia di Debridement, Antibiotics and Implant Retention (DAIR) può essere considerata solo se impianto e sintesi sono stabili e l'agente patogeno è suscettibile a un trattamento antibiotico mirato; nelle forme croniche o in presenza di instabilità, è necessario considerare strategie più radicali, inclusa la revisione in uno o due tempi con terapia antibiotica mirata, in stretta collaborazione con specialisti di malattie infettive⁶. La diagnosi di infezione periprotetica della spalla presenta peculiarità specifiche rispetto ad altre articolazioni, sia per la frequente presenza di infezioni *low-grade* da *C. acnes*, sia per la limitata sensibilità degli indici sierologici tradizionali. Nei casi sospetti può essere utile associare colture multiple prolungate e metodiche aggiuntive, quali sonicazione o biomarcatori sinoviali, all'interno di un percorso diagnostico multidisciplinare⁶.

Nella prevenzione dell'infezione hanno un ruolo l'ottimizzazione preoperatoria del pa-

ziente (controllo glicemico, sospensione del fumo, screening per portatori nasali di *Staphylococcus aureus*), l'antibiotico profilassi adeguata, la limitazione del tempo operatorio e il rispetto rigoroso dei principi di asepsi. La precoce identificazione di segni clinici suggestivi e l'esecuzione tempestiva di esami ematochimici e colturali consentono di intervenire prima che l'infezione si organizzi in biofilm sull'impianto.

CONCLUSIONI

La riduzione e sintesi delle fratture periprotetiche omerali è indicata quando lo stelo è stabile e la frattura non è gestibile in modo affidabile per via conservativa. La chiave del risultato risiede in una corretta diagnosi di stabilità dell'impianto, in una documentazione neurologica accurata, in un accesso chirurgico che consenta la protezione del nervo radiale e in un costrutto meccanicamente solido, lungo e biologicamente rispettoso. La stabilità dello stelo rappresenta il principale determinante nella scelta terapeutica delle fratture periprotetiche omerali; tuttavia, la decisione finale deve integrare anche qualità ossea, pattern di frattura, possibilità tecnica di fissazione affidabile, richiesta funzionale del paziente e rischio biologico complessivo. In questo contesto, la sintesi moderna non deve essere interpretata come semplice applicazione di un mezzo di sintesi, ma come costruzione di un sistema biomeccanico e biologico integrato finalizzato a consentire consolidazione e recupero funzionale precoce.

Nel paziente anziano con osso fragile, la sintesi va concepita come un sistema integrato: placca bloccata, viti mono- e bicorticali ove consentite, cerchiaggi controllati, eventuali sistemi tangenziali e innesto osseo corticale nei difetti critici. L'approccio multidisciplinare, che coinvolge ortopedico, anestesista, geriatra, fisiatra e, quando indicato, specialista di malattie infettive,

contribuisce a ridurre la morbidità perioperatoria e a ottimizzare il recupero funzionale. L'ottimizzazione della salute ossea del paziente va considerata parte integrante del percorso di cura.

In assenza di evidenze definitive di alto livello, il trattamento deve essere personalizzato, ma il principio decisionale resta costante: stelo stabile, sintesi; stelo mobilizzato o *bone stock* non ricostruibile, revisione. Lo sviluppo di registri dedicati, l'adozione di indicatori di esito standardizzati e la conduzione di studi prospettici comparativi rappresentano le sfide future per consolidare le indicazioni e migliorare la prognosi di questa complicanza, la cui frequenza è destinata ad aumentare in parallelo all'incremento dei volumi di artroplastica della spalla.

Bibliografia

- ¹ Behrens A, Moronga N, Farkhondeh Fal M, et al. Periprosthetic humeral fractures after shoulder arthroplasty. *EFORT Open Rev.* 2025;10:534-542. <https://doi.org/10.1530/EOR-2024-0053>
- ² Otworowski M, Grzelecki D, Starszak K, et al. Periprosthetic fractures after shoulder arthroplasty: a systematic review. *EFORT Open Rev.* 2023;8:748-758. <https://doi.org/10.1530/EOR-22-0097>
- ³ Tansey PJ, Yetter TR, Somerson JS. Operative and nonoperative treatment of periprosthetic humerus fractures after shoulder arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *J Shoulder Elbow Surg.* 2024;33:e629-e636. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2024.04.009>
- ⁴ Worland RL, Kim DY, Arredondo J. Periprosthetic humeral fractures: management and classification. *J Shoulder Elbow Surg.* 1999;8:590-594. [https://doi.org/10.1016/S1058-2746\(99\)90095-2](https://doi.org/10.1016/S1058-2746(99)90095-2)
- ⁵ Sanchez-Sotelo J, Athwal GS. Periprosthetic postoperative humeral fractures after shoulder arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg.* 2022;30:e1227-e1239. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-21-01001>
- ⁶ Lemmens L, Geelen H, Depypere M, et al. Management of periprosthetic infection after reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 2021;30:2514-2522. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2021.04.014>
- ⁷ Gerwin M, Hotchkiss RN, Weiland AJ. Alternative operative exposures of the posterior aspect of the humeral diaphysis with reference to the radial nerve. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78:1690-1695. <https://doi.org/10.2106/00004623-199611000-00008>
- ⁸ Ott N, Harland A, Hackl M, et al. Primary stability of fixation methods for periprosthetic fractures of the humerus: a biomechanical investigation. *J Shoulder Elbow Surg.* 2021;30:2184-2190. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.12.027>
- ⁹ Kumar S, Sperling JW, Haidukewych GH, et al. Periprosthetic humeral fractures after shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86:680-689. <https://doi.org/10.2106/00004623-200404000-00003>
- ¹⁰ García-Fernández C, López-Morales Y, Rodríguez A, et al. Periprosthetic humeral fractures associated with reverse total shoulder arthroplasty: incidence and management. *Int Orthop.* 2015;39:1965-1969. <https://doi.org/10.1007/s00264-015-2972-7>
- ¹¹ Ragusa PS, Vadhera A, Jang JM, et al. Nonoperative treatment of periprosthetic humeral shaft fractures after reverse total shoulder arthroplasty. *Orthopedics.* 2020;43:e553-e560. <https://doi.org/10.3928/01477447-20200910-06>
- ¹² Vicenti G, Solarino G, Carrozzo M, et al. Is the posterior approach with posterior locking compression plate and anterior allograft useful and safe in the treatment of periprosthetic humeral fractures following reverse total shoulder arthroplasty? *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2022;13:21514593221080961. <https://doi.org/10.1177/21514593221080961>
- ¹³ Chang HH, Lim JR, Yoon TH, et al. The treatment of periprosthetic fracture revision of the humerus with "bamboo support" structural allograft technique – atrophic non-union of a post-operative periprosthetic fracture after reverse total shoulder arthroplasty: a case report. *J Clin Med.* 2024;13:825. <https://doi.org/10.3390/jcm13030825>

ARTO SUPERIORE

Trattamento: revisione

Simone Nicoletti, Andrea Gabriele Calamita

SOC Ortopedia Protesica - CESAT, Ospedale S. Pietro Igneo, Azienda UsI Toscana Centro, Fucecchio, Firenze

INTRODUZIONE

Le fratture periprotetiche della spalla rappresentano una complicità complessa e in progressivo aumento, in parallelo alla diffusione dell'artroprotesi¹. Sebbene i sistemi di classificazione risultino utili per una descrizione standardizzata della lesione e per la comunicazione tra operatori, il loro ruolo nel guidare la strategia terapeutica è limitato.

Nella pratica clinica, la scelta del trattamento deve basarsi su una valutazione più ampia, che integri fattori legati all'impianto, alla qualità del *bone stock*, alla stabilità protesica e alle condizioni dei tessuti molli. In questo contesto, la frattura rappresenta spesso non solo un evento acuto, ma l'espressione di un'alterazione più complessiva dell'equilibrio biomeccanico del sistema osso-impianto.

La decisione tra trattamento conservativo, sintesi o revisione protesica rappresenta il momento cruciale nella gestione delle fratture periprotetiche. Nel contesto di questo capitolo, l'attenzione è rivolta alle condizioni in cui la revisione costituisce l'opzione più appropriata.

INQUADRAMENTO CLINICO E FATTORI DECISIONALI

Stabilità dell'impianto

La stabilità dello stelo rappresenta il principale determinante nella scelta terapeutica

nelle fratture periprotetiche. In presenza di un impianto stabile, può essere indicato un trattamento conservativo o mediante sintesi, mentre la mobilizzazione configura un'indicazione alla revisione.

Nel contesto acuto, la valutazione preoperatoria della stabilità si basa prevalentemente su criteri radiografici, quali la presenza di rime di radiotrasparenza periprotetica, discontinuità corticale in corrispondenza dell'interfaccia osso-impianto o evidenza di migrazione dello stelo. Tuttavia, l'interpretazione può risultare difficile, in quanto i reperti possono essere mascherati o resi ambigui dalla frattura stessa.

Per questo motivo, la valutazione definitiva della stabilità dell'impianto è spesso intraoperatoria. È pertanto fondamentale pianificare l'intervento prevedendo la possibilità di una revisione anche nei casi in cui la stabilità non sia chiaramente definibile in fase preoperatoria.

Bone loss

La perdita di *bone stock* omerale rappresenta uno dei fattori più rilevanti nella pianificazione del trattamento. Essa può essere preesistente, secondaria a precedenti interventi o conseguente alla frattura stessa. In presenza di un deficit osseo significativo, la possibilità di ottenere una fissazione stabile risulta compromessa, rendendo necessarie strategie di revisione più complesse. La stabilità dell'impianto dipende prevalen-

temente dal supporto diafisario, con conseguente aumento delle sollecitazioni rotazionali e del rischio di fallimento.

Oltre ai fattori legati al paziente, anche le caratteristiche dell'impianto e la sua interazione con l'osso rivestono un ruolo determinante nella genesi delle fratture periprotetiche. In particolare, il design e il dimensionamento dello stelo influenzano la distribuzione degli stress a livello dell'omero prossimale^{2,3}.

L'utilizzo di steli sovradimensionati o con elevato *canal-fill ratio* può determinare fenomeni di *stress shielding*, con riduzione del carico trasmesso alla metafisi prossimale e conseguente riassorbimento osseo nel tempo²⁻⁴. Questo processo comporta una progressiva riduzione del *bone stock*, predisponendo a fratture periprotetiche anche in seguito a traumi a bassa energia (Fig. 1).

Anche gli steli corti non sono esenti da problematiche: segni di *stress shielding* prossimale sono stati descritti in una percentuale variabile tra il 40% e il 60% nei follow-up a medio termine degli impianti non cementati^{3,4}. Questo dato evidenzia come la riduzione della lunghezza dello stelo non elimini il rischio di alterazioni del carico osseo.

Allo stesso modo, configurazioni protesiche che privilegiano la stabilità torsionale possono alterare la distribuzione fisiologica degli stress, contribuendo a fenomeni di rimodellamento osseo sfavorevole.

Nel loro insieme, questi aspetti sottolineano come la frattura periprotetica rappresenti spesso il risultato di un trauma acuto su un substrato osseo già indebolito da fattori biomeccanici e implantari.

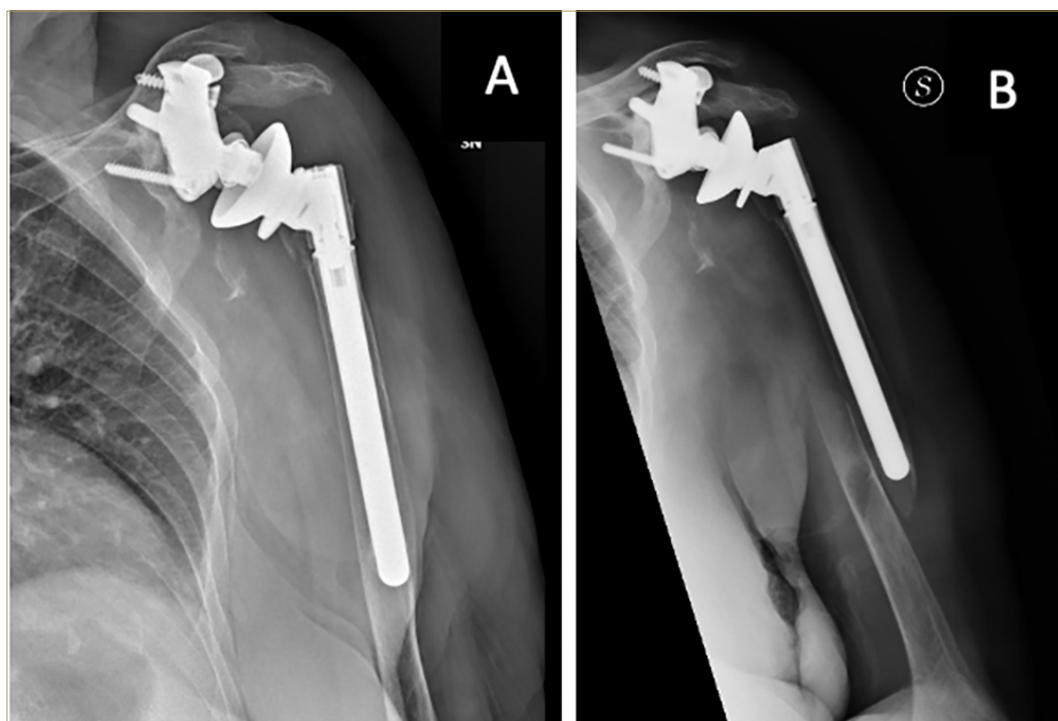


Figura 1. (A) RSA con stelo sovradimensionato ed elevato canal fill ratio. (B) Esteso stress shielding prossimale con perdita del bone stock e successiva frattura periprotetica.

Tessuti molli

Le condizioni dei tessuti molli, e in particolare del deltoide e della cuffia dei rotatori residua, rivestono un ruolo fondamentale. La capacità di ottenere una stabilità funzionale dell'impianto dipende infatti non solo dalla fissazione ossea, ma anche dall'equilibrio delle forze muscolari. Deficit significativi dei tessuti molli possono limitare le opzioni ricostruttive e influenzare la scelta del tipo di impianto ⁵.

Il ruolo dei tessuti molli nel determinare la stabilità e la funzione dell'impianto verrà approfondito nelle sezioni successive.

Caratteristiche del paziente

Età, qualità ossea e richieste funzionali del paziente rappresentano elementi determinanti nella scelta della strategia di revisione, più che nell'indicazione alla revisione stessa.

Nei pazienti anziani e fragili, spesso caratterizzati da severa compromissione del *bone stock* e ridotta capacità di guarigione, e nei quali è necessario considerare attentamente il rapporto rischio-beneficio della procedura chirurgica, l'obiettivo principale è ottenere una stabilità immediata e affidabile, orientando la strategia verso soluzioni più sostitutive.

Al contrario, nei pazienti più giovani, l'approccio deve privilegiare strategie ricostruttive, con il massimo risparmio possibile di *bone stock* e dei tessuti molli, al fine di preservare opzioni future.

In presenza di significativa perdita ossea, la scelta tra soluzioni sostitutive o ricostruttive deve quindi essere modulata in base alle caratteristiche del paziente e al contesto clinico, bilanciando la necessità di stabilità immediata con la preservazione del potenziale biologico.

INDICAZIONI ALLA REVISIONE

Sulla base dei fattori sopra descritti, le principali indicazioni alla revisione nelle fratture periprotetiche della spalla includono:

- mobilizzazione dello stelo protesico;
- fallimento di precedenti trattamenti di sintesi;
- perdita significativa di *bone stock*;
- fratture associate a fallimento biomeccanico dell'impianto;
- condizioni che non consentono una fissazione stabile mediante sintesi.

TRATTAMENTO

Esclusione di infezione latente

Sebbene la frattura periprotetica rappresenti prevalentemente un problema meccanico e ricostruttivo, nei casi di revisione è consigliabile eseguire routinariamente prelievi colturali intraoperatori, considerando la possibilità di infezioni occulte o *low-grade*, soprattutto nei pazienti sottoposti a precedenti interventi multipli.

Revisione omerale

Le fratture periprotetiche dopo artroplastica di spalla coinvolgono più frequentemente l'omero rispetto al versante glenoideo/scapolare, rappresentando circa il 25-30% di tutte le fratture periprotetiche associate all'impianto e costituendo la sede più comune di frattura correlata alla componente protesica ^{1,6}.

Il successo della revisione dipende dalla capacità di correggere problematiche frequentemente associate, quali *bone loss*, accorciamento omerale e medializzazione dell'impianto, ottenendo una fissazione stabile e un adeguato tensionamento dei tessuti molli.

Pianificazione pre-operatoria

La pianificazione deve includere radiografie comparative bilaterali dell'omero, eseguite con scala millimetrata e proiezione standardizzata. L'obiettivo è quantificare il difetto osseo e stimare la lunghezza omerale teorica da ripristinare, confrontando il lato patologico con quello controlaterale.

La misurazione deve essere eseguita identificando sull'omero sano un asse diafisario e un repere prossimale riproducibile, generalmente la grande tuberosità o il centro di rotazione omerale, associato a un repere distale stabile, come gli epicondili. La stessa misurazione viene quindi riportata sull'omero patologico per stimare l'accorciamento e il deficit osseo ².

Questo dato consente di pianificare l'altezza teorica dello stelo di revisione, valutare la necessità di modularità, cementoplastica, allograft prossimale o impianti sostitutivi, e ridurre il rischio di inadeguato ripristino della lunghezza omerale.

La TC completa la valutazione definendo estensione del *bone loss*, qualità del supporto diafisario, eventuale coinvolgimento glenoideo e posizione delle componenti.

Stelo protesico

Nella revisione omerale per frattura periprotetica, la scelta dell'impianto è finalizzata all'ottenimento di una fissazione stabile, preferenzialmente a livello diafisario, in grado di bypassare il focolaio di frattura e garantire una corretta trasmissione dei carichi sull'osso sano.

Il principio fondamentale consiste nell'ancoraggio distale alla frattura, evitando concentrazioni di stress in prossimità del focolaio. A tal fine, è generalmente raccomandato l'utilizzo di steli lunghi che superino la sede di frattura di almeno due diametri corticali ^{6,7} spesso associati a sistemi

di stabilizzazione supplementare, quali cerchiaggi metallici, con o senza supporto mediante innesti corticali.

La valutazione della stabilità dello stelo rappresenta il momento chiave del processo decisionale. Sebbene criteri radiografici, quali radiolucenze > 2 mm ^{6,7} in più zone o segni di migrazione, possano suggerire una mobilizzazione, la diagnosi definitiva è frequentemente intraoperatoria. È importante sottolineare come la presenza di *bone loss* non implichi necessariamente un'instabilità dello stelo.

In presenza di uno stelo stabile, è possibile optare per il suo mantenimento, associando una sintesi della frattura mediante costrutti ibridi (placche e cerchiaggi) ^{6,7}. Al contrario, nei casi di mobilizzazione o fissazione inadeguata, la revisione con stelo lungo rappresenta la soluzione più affidabile.

La scelta tra fissazione cementata e non cementata dipende principalmente dalla qualità del *bone stock* diafisario e dalla possibilità di ottenere una stabilità primaria adeguata. Gli steli non cementati a *press-fit* possono garantire un'ottima stabilità in presenza di osso di buona qualità; tuttavia, nei pazienti con osso osteoporotico, canali ampi o morfologia irregolare, il ricorso al cemento può migliorare significativamente l'affidabilità della fissazione.

Alcuni design, come gli steli conici non cementati ad alta integrazione, offrono un'elevata stabilità primaria, ma possono essere associati a fenomeni di *stress shielding*. Inoltre, la rimozione di steli fortemente osteointegrati, soprattutto in presenza di scarso *bone stock* (ad esempio basso Cortical Index), può determinare una perdita ossea rilevante e complicare ulteriormente la revisione ⁸.

Per questo motivo, la decisione di rimuovere uno stelo apparentemente stabile deve essere attentamente ponderata, bilanciando il rischio di danno iatrogeno con la reale necessità di revisione.

Tecnica di rimozione

Quando l'indicazione alla revisione dello stelo è posta, la sua rimozione rappresenta uno dei momenti più critici della procedura, potendo condizionare in maniera determinante il *bone stock* residuo e le possibilità ricostruttive. L'obiettivo non è l'estrazione dell'impianto, ma la preservazione della corticale omerale attraverso una mobilizzazione progressiva e controllata.

Dopo adeguata esposizione, è essenziale liberare completamente la porzione prossimale dello stelo rimuovendo tessuti fibrosi, cemento o osso neoformato. La mobilizzazione procede quindi lungo l'interfaccia osso-impianto. Negli steli non cementati, si utilizzano osteotomi sottili introdotti circonferenzialmente lungo lo stelo, avanzando in senso prossimo-distale fino a ottenere una deconnessione completa, prima di applicare l'estrattore. Negli steli cementati, si procede alla rimozione del cemento prossimale e alla frammentazione progressiva del mantello mediante osteotomi, frese o ultrasuoni, con particolare attenzione alla componente distale.

Quando la rimozione non è ottenibile in sicurezza, è indicato ricorrere precocemente a un accesso osseo controllato. La finestra corticale consente un accesso mirato a porzioni distali dello stelo o al cemento: viene eseguita sulla corticale laterale o antero-laterale mediante sega oscillante, creando un lembo rettangolare o ovalare di dimensioni adeguate, sollevato con osteotomi e mantenuto integro⁹. Questo permette la rimozione sotto visione diretta con strumenti dedicati. Al termine, il frammento viene reinserito e stabilizzato con cerchiaggi.

Nei casi più complessi, quali steli lunghi ben osteointegrati o cementazioni estese, è preferibile eseguire una osteotomia longitudinale dell'omero (ETO-like)⁹. Questa consiste in un taglio corticale lungo l'asse dello stelo, eventualmente completato di-

stalmente, con apertura controllata della diafisi "a libro". Tale esposizione consente una mobilizzazione diretta dello stelo e la rimozione completa del cemento, riducendo il rischio di fratture iatrogene. Il segmento osteotomizzato viene quindi ridotto e stabilizzato mediante cerchiaggi multipli, con eventuale supporto di placca nei casi di instabilità.

Alcuni errori devono essere evitati: insistere con tentativi estrattivi in presenza di steli ben fissati, eseguire finestre corticali insufficienti o mal posizionate, realizzare osteotomie troppo corte che non consentano una reale mobilizzazione, o applicare forze estrattive eccessive. Ugualmente critici sono la rimozione incompleta del cemento e una stabilizzazione inadeguata della corticale, che possono compromettere la ricostruzione.

La rimozione dello stelo deve quindi seguire una sequenza rigorosa - esposizione, liberazione prossimale, deconnessione dell'interfaccia, accesso osseo quando necessario, estrazione controllata e stabilizzazione finale - ed essere considerata parte integrante della strategia ricostruttiva.

Tecnica di cementazione

Quando si opta per una fissazione cementata, l'obiettivo è ottenere una stabilità primaria affidabile a livello diafisario distale, trasferendo i carichi su osso sano e preservando il focolaio di frattura.

La cementazione deve essere eseguita selettivamente distalmente alla frattura, evitando qualsiasi interferenza con il sito di lesione, che non rappresenta un'area idonea alla presa del cemento e deve rimanere biologicamente "libera" per consentire la guarigione.

Dal punto di vista tecnico, è fondamentale:

- preparare accuratamente il canale diafisario distale, ottenendo una cavità regolare e pulita;

- limitare la diffusione del cemento al segmento distale, controllandone la progressione;
- evitare l'interposizione di cemento tra i frammenti di frattura.

In presenza di fratture instabili o comminute, è consigliabile eseguire una stabilizzazione preliminare mediante cerchiaggi o sistemi di contenimento, al fine di mantenere l'allineamento e prevenire la migrazione del cemento nel focolaio.

Lo stelo deve essere quindi posizionato per ottenere una presa distale solida e indipendente dalla frattura. La stabilizzazione definitiva del focolaio viene successivamente completata mediante tecniche aggiuntive (cerchiaggi, placche, innesti), senza affidare al cemento un ruolo nella sintesi.

In questo contesto, la fissazione cementata deve essere intesa come un mezzo per ristabilire una stabilità meccanica immediata, mantenendo separati i concetti di ancoraggio protesico e guarigione della frattura.

Gestione del *bone loss* omerale prossimale

La gestione del *bone loss* omerale prossimale rappresenta uno degli aspetti più critici nella revisione per frattura periprotetica ¹⁰. Il difetto osseo non condiziona esclusivamente la fissazione dello stelo, ma influenza direttamente la biomeccanica dell'impianto, la tensione del deltoide e la stabilità complessiva della protesi.

Sebbene la frattura periprotetica sia un evento acuto, essa si verifica frequentemente su un substrato già compromesso, caratterizzato da perdita di *bone stock*, *stress shielding* o esiti di precedenti interventi. Nei difetti prossimali, la perdita ossea determina accorciamento omerale, riduzione dell'avvolgimento deltoideo e diminuzione della forza di coaptazione, con conseguente aumento del rischio di instabilità e fallimento.

In questo contesto, la gestione del *bone loss* non può essere disgiunta dalla ricostruzione della biomeccanica globale: il ripristino della lunghezza omerale e del supporto prossimale è tanto importante quanto l'ottenimento di una fissazione diafisaria stabile.

Le classificazioni del *bone loss* omerale proposte da Boileau, McLendon e, più recentemente, da Baldari et al. (PHBL-SCORE) ^{2,10,11}, costituiscono un utile supporto alla pianificazione preoperatoria. Pur con differenti criteri di classificazione, esse condividono il principio secondo cui la strategia ricostruttiva deve essere modulata in funzione dell'entità del difetto e della possibilità di ripristinare una biomeccanica favorevole. Da un punto di vista pratico, possono essere identificati tre scenari principali:

- Difetti limitati.

Generalmente confinati all'epifisi o alla metafisi prossimale, possono essere compensati mediante modularità protesica senza necessità di ricostruzioni strutturali ^{2,12}.

- Difetti intermedi.

Interessano prevalentemente la metafisi, con progressiva perdita del supporto prossimale. Rappresentano la situazione più eterogenea e richiedono una strategia ricostruttiva personalizzata, che può spaziare dalla cementoplastica e dalla modularità protesica fino alla revisione dello stelo o all'impiego di tecniche ricostruttive biologiche. La scelta dipende dalla qualità del *bone stock* residuo e dalla possibilità di ripristinare una biomeccanica favorevole dell'impianto ^{2,12}.

- Difetti severi.

Coinvolgono estesamente metafisi e diafisi, compromettendo la possibilità di ottenere una stabile fissazione prossimale. Necessitano generalmente di strategie ricostruttive avanzate, quali allograft-prosthetic composite (APC) o, nei casi non ricostruibili e in pazienti selezionati, di impianti modulari di tipo tumorale, con l'obiettivo di ripristinare lunghezza, stabilità e funzione ^{2,12}.

Nei difetti limitati, la cementoplastica prossimale può rappresentare una soluzione efficace per migliorare il supporto metafisario e contribuire al ripristino dell'avvolgimento deltoideo ¹². La tecnica prevede la ricostruzione del profilo prossimale mediante cemento, creando un supporto attorno allo stelo in grado di aumentare la stabilità meccanica e migliorare la tensione dei tessuti molli. Pur non rappresentando una ricostruzione biologica, la cementoplastica consente di compensare difetti ossei contenuti con una procedura relativamente semplice e riproducibile, particolarmente utile nei pazienti anziani o a bassa richiesta funzionale. Nei difetti prossimali estesi ma potenzialmente ricostruibili, l'APC consente una ricostruzione biologica del segmento prossimale mediante associazione di uno stelo lungo di revisione e di un innesto osseo strutturale ^{10,13}. L'obiettivo è ripristinare il *bone stock*, la lunghezza omerale e i siti di inserzione dei tessuti molli, migliorando l'avvolgimento deltoideo e la stabilità biomeccanica dell'impianto ^{5,10}.

Dal punto di vista tecnico, la ricostruzione prevede l'utilizzo di un allograft prossimale associato a una fissazione distale stabile nel canale diafisario nativo. A seconda del tipo di impianto, della qualità ossea e della strategia ricostruttiva, lo stelo può essere cementato all'interno dell'allograft o fissato mediante tecniche *press-fit*. La giunzione graft-host può essere ottimizzata mediante osteotomie step-cut o superfici ad elevato contatto, associate a cerchiaggi o sistemi di sintesi supplementari, al fine di migliorare la stabilità rotazionale e favorire l'integrazione biologica.

L'APC consente inoltre di ricostruire il supporto prossimale, riducendo le sollecitazioni rotazionali sullo stelo che si osservano quando la fissazione è esclusivamente diafisaria.

Tuttavia, si tratta di una procedura tecnicamente complessa, gravata da possibili

complicanze biologiche e meccaniche, e pertanto indicata principalmente in pazienti giovani o ad elevata richiesta funzionale, nei quali il recupero del *bone stock* e la preservazione di future opzioni ricostruttive assumono particolare importanza.

Nei difetti ossei massivi non ricostruibili, le megaprotesi o impianti modulari tumor-like rappresentano una soluzione di salvataggio in grado di bypassare completamente il problema biologico del segmento prossimale, consentendo di ottenere una stabilità immediata mediante fissazione diafisaria distale (Fig. 2).

Queste soluzioni permettono il ripristino della lunghezza omerale e della tensione dei tessuti molli anche in presenza di severa perdita ossea, risultando particolarmente utili nei pazienti anziani, fragili o a bassa richiesta funzionale. Tuttavia, esse si associano a elevati tassi di complicanze meccaniche e funzionali, e devono pertanto essere considerate strategie estreme, riservate a casi selezionati.

La scelta tra strategie ricostruttive e sostitutive deve essere individualizzata, bilanciando stabilità meccanica, potenziale biologico e caratteristiche del paziente.

Dal punto di vista biomeccanico, la perdita del supporto prossimale determina una riduzione del contributo metafisario alla stabilità dell'impianto. In queste condizioni, lo stelo è costretto a lavorare prevalentemente a livello diafisario, con aumento delle sollecitazioni rotazionali e del rischio di mobilitazione nel tempo. Questo meccanismo rappresenta uno dei principali fattori di fallimento nelle revisioni complesse ¹⁴.

In definitiva, il *bone loss* prossimale non rappresenta solo un problema strutturale, ma un elemento centrale nella biomeccanica della revisione: senza un adeguato ripristino della lunghezza omerale, del supporto prossimale e dell'avvolgimento deltoideo, anche una fissazione diafisaria stabile può non garantire un risultato funzionale soddisfacente.

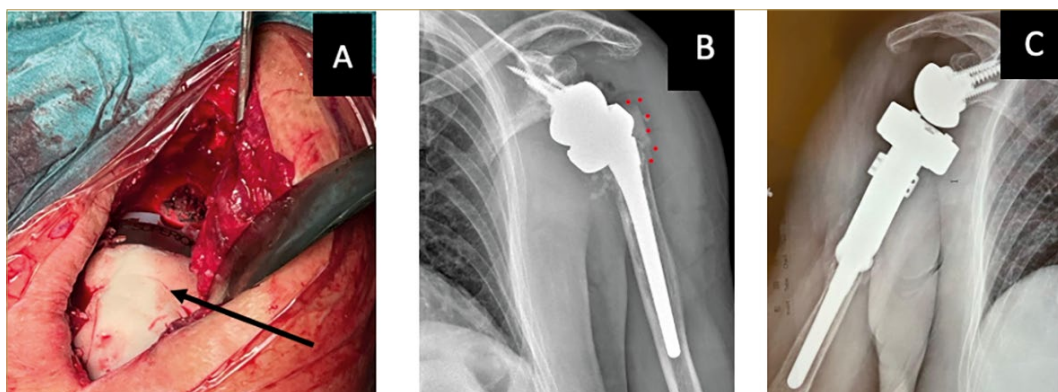


Figura 2. A) Cementoplastica prossimale (freccia) per ricostruire il supporto metafisario, la tuberosità ossea e ripristinare l'avvolgimento deltoideo. (B) Controllo radiografico postoperatorio di cementoplastica prossimale. (C) Impianto modulare tipo tumor-like utilizzato nella ricostruzione di severa perdita ossea omerale prossimale in revisione di RSA per frattura periprotetica.

GLENA

Le fratture periprotetiche glenoidee rappresentano una complicanza rara, costituendo meno del 10% delle fratture periprotetiche della spalla, mentre il coinvolgimento omerale rappresenta la grande maggioranza dei casi ¹.

Nel contesto della revisione, il problema principale non è rappresentato dalla frattura in sé, ma dalla possibilità di ottenere una fissazione stabile della componente glenoidea in presenza di *bone loss* spesso severo. Per questo motivo, la TC preoperatoria rappresenta un passaggio fondamentale per valutare quantità e distribuzione dell'osso residuo, medializzazione della glena, qualità del patrimonio osseo scapolare e possibilità di fissazione in osso nativo.

L'obiettivo della revisione glenoidea è ottenere una fissazione primaria stabile della baseplate, ripristinando lateralizzazione e corretto centro di rotazione. In presenza di vite centrale, è preferibile ottenere una presa bicorticale con ancoraggio alla corticale mediale della glena. Nel caso di peg o post centrale, è invece raccomandato otte-

nere almeno 10-12 mm di fissazione stabile nell'osso glenoideo nativo.

Dal punto di vista tecnico, è fondamentale ottenere la massima compressione possibile della baseplate sull'osso residuo, ricercando stabilità soprattutto a livello inferiore. La fissazione periferica dovrebbe includere viti divergenti orientate verso le colonne ossee più resistenti della scapola, in particolare base del coracoide, pilastro scapolare e spina della scapola. Nei casi di *bone loss* severo, la lunghezza e la divergenza delle viti assumono un ruolo determinante per ridurre il micromovimento della baseplate. Nei difetti contenuti, un reaming correttivo limitato può consentire la correzione della versione e la creazione di una superficie stabile per l'impianto. Tuttavia, un eccessivo reaming deve essere evitato, poiché aumenta la medializzazione e riduce ulteriormente il *bone stock* disponibile.

Nei difetti intermedi o severi, possono essere utilizzate baseplate con augment metallici o tecniche di innesto osseo strutturale ¹⁵, con il duplice obiettivo di colmare il difetto osseo e ripristinare la lateralizzazione del centro di rotazione. Gli augment metallici

consentono una ricostruzione immediata e riproducibile, risultando particolarmente utili nei pazienti anziani o nei difetti contenuti.

Nei difetti più estesi, l'innesto osseo strutturale permette una ricostruzione biologica del supporto glenoideo. Gli innesti tricorticali da cresta iliaca e gli allograft strutturali rappresentano le opzioni più utilizzate. Dal punto di vista chirurgico, l'innesto osseo deve essere modellato in modo da ottenere il massimo contatto possibile con l'osso nativo e consentire una compressione efficace della baseplate. La letteratura tende a privilegiare ricostruzioni in grado di ripristinare il supporto osseo inferiore della glena e ottenere fissazione prevalente della baseplate in osso nativo, riducendo il rischio di mobilitazione precoce.

Nei casi di *bone loss* massivo non ricostruibile con tecniche standard, possono essere necessari impianti custom-made, progettati sulla base della TC preoperatoria per adattarsi alla morfologia residua della scapola e consentire fissazioni orientate verso le zone ossee residue di migliore qualità. Queste soluzioni rappresentano tuttavia procedure altamente specialistiche, riservate a casi selezionati.

In casi estremi, quando non sia possibile ottenere un supporto osseo sufficiente mediante augment o innesti, può essere necessario ricorrere a tecniche di cement augmentation, creando un supporto artificiale sul quale impiantare la baseplate. Il principio biomeccanico è analogo a quello utilizzato nelle revisioni acetabolari complesse dell'anca, nelle quali il cemento viene impiegato per ricreare un supporto stabile in presenza di grave perdita ossea. Si tratta tuttavia di procedure di salvataggio, da riservare a condizioni eccezionali.

Nelle revisioni inverse, eccessiva medializzazione, scarso supporto inferiore o insufficiente fissazione della baseplate aumentano significativamente il rischio di

mobilitazione precoce e fallimento meccanico dell'impianto.

CONCLUSIONI

La revisione nelle fratture periprotetiche dell'omero rappresenta una procedura complessa che richiede una pianificazione accurata e una strategia individualizzata.

Il successo della revisione dipende non solo dall'ottenimento di una fissazione stabile dello stelo, ma soprattutto dalla capacità di ripristinare un corretto equilibrio biomeccanico globale. La scelta dell'impianto e della tecnica ricostruttiva deve essere orientata al ripristino della lunghezza omerale, del supporto prossimale e del corretto tensionamento del deltoide. In questo contesto, il recupero dell'avvolgimento deltoideo rappresenta uno degli elementi centrali per garantire stabilità e funzione.

Le strategie ricostruttive e sostitutive devono essere adattate all'entità del difetto osseo e alle caratteristiche del paziente, bilanciando stabilità meccanica e potenziale biologico.

Bibliografia

- ¹ Otwowski M, Grzelecki D, Starszak K, et al. Periprosthetic fractures after shoulder arthroplasty: a systematic review. *EFORT Open Rev.* 2023;8(10):748-758. <https://doi.org/10.1530/EOR-22-0097>
- ² Boileau P. Complications and revision of reverse total shoulder arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016;102(1 Suppl):S33-S43. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2015.06.031>
- ³ Barth J, Garret J, Geais L, et al. Influence of uncemented humeral stem proximal geometry on stress distributions and torsional stability following total shoulder arthroplasty. *J Exp Orthop.* 2019;6(1):8. <https://doi.org/10.1186/s40634-019-0178-4>
- ⁴ Denard PJ, Raiss P, Gobezie R, et al. Stress shielding of the humerus in press-fit anatomic shoulder arthroplasty: review and recommendations for evaluation. *J Shoulder Elbow*

- Surg. 2018;27(6):1139-1147. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2017.12.020>
- 5 Guarrella V, Chelli M, Dornos P, et al. Risk factors for instability after reverse shoulder arthroplasty. *Shoulder Elbow*. 2021;13(1):51-57. <https://doi.org/10.1177/1758573219864266>
 - 6 Kumar S, Sperling JW, Haidukewych GH, et al. Periprosthetic humeral fractures after shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86(4):680-689. <https://doi.org/10.2106/00004623-200404000-00003>
 - 7 Wright TW, Cofield RH. Humeral fractures after shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 1995;77(9):1340-1346. <https://doi.org/10.2106/00004623-199509000-00008>
 - 8 Novi M, Porcellini G, Donà A, et al. A long-term follow-up of post-operative periprosthetic humeral fracture in shoulder arthroplasty. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*. 2021;12:21514593211039908. <https://doi.org/10.1177/21514593211039908>
 - 9 Sahota S, Sperling JW, Cofield RH. Humeral windows and longitudinal splits for component removal in revision shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*. 2014;23(10):1485-1491. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2014.02.004>
 - 10 Baldari A, Saccone L, Caldaria A, et al. Revision shoulder arthroplasty and proximal humeral bone loss: a comprehensive review and proposal of a new algorithm of management. *J Orthop Traumatol*. 2024;25(1):40. <https://doi.org/10.1186/s10195-024-00784-0>
 - 11 McLendon PB, Cox JL, Frankle MA. Large diaphyseal-incorporating allograft prosthetic composites: when, how, and why: treatment of advanced proximal humeral bone loss. *Orthopade*. 2017;46(12):1022-1027. <https://doi.org/10.1007/s00132-017-3498-z>
 - 12 Grobaty L, Entezari V, Ho JC, et al. Management of proximal humeral bone loss: a narrative review. *Ann Joint*. 2025;10:30. <https://doi.org/10.21037/aoj-24-70>
 - 13 Chacon A, Virani N, Shannon R, et al. Revision arthroplasty with use of a reverse shoulder prosthesis-allograft composite. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91(1):119-127. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00094>
 - 14 Cuff D, Levy JC, Gutiérrez S, et al. Torsional stability of modular and non-modular reverse shoulder humeral components in a proximal humeral bone loss model. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011;20(4):646-651. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2010.10.026>
 - 15 Boileau P, Moineau G, Roussanne Y, et al. Bony increased offset-reversed shoulder arthroplasty (BIO-RSA). *JBJS Essent Surg Tech*. 2017;7(4):e37. <https://doi.org/10.2106/JBJS.ST.17.00006>

CLASSIFICAZIONE ED EPIDEMIOLOGIA DELLE FRATTURE PERIPROTESICHE DELL'ARTO INFERIORE

Leonardo Puddu¹, Alessandro Santandrea¹, Alan Casolla², Giovanni Lugani¹, Gianfranco Pirellas³, Fabrizio Cortese¹

¹ UOC Ortopedia e Traumatologia Ospedale Santa Maria del Carmine Asuit, Rovereto (TN); ² UOC Ortopedia e Traumatologia, AOUI Verona, Università degli Studi di Verona; ³ UOC Ortopedia e Traumatologia, Università Degli Studi di Sassari, Sassari

Le fratture periprotetiches rappresentano una complicanza in costante incremento nella chirurgia ortopedica contemporanea, in stretta relazione con l'aumento esponenziale delle procedure di artroplastica primaria e di revisione, nonché con l'invecchiamento della popolazione generale.

Il miglioramento delle tecniche chirurgiche e dei materiali protesici ha determinato una maggiore sopravvivenza degli impianti, esponendo i pazienti a un rischio cumulativo crescente di frattura periprotetica nel corso della vita ^{1,2}.

EPIDEMIOLOGIA

L'incidenza delle fratture periprotetiches varia considerevolmente in letteratura. Dopo protesi totale d'anca (Total Hip Arthroplasty, THA), i tassi riportati oscillano tra lo 0.1% e il 18%, mentre nelle protesi totali di ginocchio (Total Knee Arthroplasty, TKA) si collocano tra lo 0.3% e il 5.5% ¹.

Nei contesti di revisione, tali percentuali aumentano significativamente, raggiungendo valori tra il 4-11% per l'anca e fino al 28-30% per il ginocchio ³.

Dal punto di vista anatomico, le fratture periprotetiches del ginocchio interessano più frequentemente il femore distale, mentre quelle tibiali e rotulee risultano meno comuni ^{3,4}. I principali fattori di rischio includono età avanzata, sesso femminile, osteoporosi, precedenti interventi chirurgici, osteolisi periprotetica e presenza di più impianti nello stesso segmento osseo ^{2,4}. In oltre il 75% dei casi la frattura periprotetica è il risultato di un trauma a bassa energia.

Dal punto di vista prognostico, queste lesioni si associano a elevati tassi di complicanze e mortalità (11-15% ad un anno), comparabili o superiori a quelli delle fratture del femore prossimale, con un impatto rilevante sulla qualità di vita e sui costi sanitari ^{3,5}.

CLASSIFICAZIONE

I principi di gestione delle fratture periprotetiches si basano essenzialmente sulla localizzazione della frattura, sulla stabilità dell'impianto e sull'entità della perdita ossea circostante.

In letteratura esistono almeno 25 sistemi di

classificazione sviluppati per guidare il trattamento, migliorare la prognosi e standardizzare gli approcci terapeutici.

Le prime classificazioni ideate si concentrano principalmente sulla localizzazione anatomica della frattura, mentre quelle più recenti offrono un quadro più completo che prende in considerazione anche la stabilità dell'impianto e la qualità dell'osso.

Nonostante ciò, ad oggi, non esiste un sistema classificativo univoco e anche quelli più noti ed utilizzati presentano dei limiti.

FRATTURE PERIPROTESICHE DELL'ANCA

Classificazione di Vancouver (VCS)

La classificazione di Vancouver, proposta da Duncan e Masri nel 1995, rimane il sistema di riferimento per le fratture periprotetiches femorali. Si basa su tre parametri fondamentali: localizzazione della frattura, stabilità dell'impianto e qualità del *bone stock*⁶. Le fratture sono suddivise in:

- Tipo A: fratture in regione trocanterica (AG riguardanti il grande trocantere, AL riguardanti il piccolo trocantere) (Fig. 1A).
- Tipo B: fratture attorno allo stelo (B1 stelo stabile, B2 stelo instabile senza perdita ossea, B3 stelo instabile con perdita ossea).
- Tipo C: fratture distali allo stelo.

I principali vantaggi della classificazione sono la sua capacità di guidare direttamente il trattamento chirurgico e facilitare la comunicazione tra i medici.

Per il Tipo A si raccomanda il trattamento conservativo se la scomposizione della frattura è minima; la fissazione interna se la scomposizione è importante ed associata a

forte dolore e limitazione funzionale. Nelle fratture di tipo B1 è necessaria una riduzione aperta e fissazione interna (Open Reduction Internal Fixation, ORIF), nel tipo B2 una ORIF associata a revisione dello stelo protesico, nel tipo B3 è necessaria ORIF con revisione dello stelo e trattamento dei difetti ossei; nel tipo C è sufficiente una riduzione aperta e fissazione interna.

Uno dei limiti più rilevanti è rappresentato dalla difficoltà nella distinzione tra le fratture B1 e B2. Tale distinzione si basa sulla valutazione della stabilità dello stelo, che spesso non può essere determinata con certezza preoperatoriamente, rendendo necessaria una valutazione intraoperatoria^{6,7}.

Unified Classification System (UCS)

L'Unified Classification System (UCS) è stato sviluppato per creare un quadro più inclusivo ampliando le categorie del VCS, con l'obiettivo di standardizzare la classificazione di tutte le fratture periprotetiches indipendentemente dalla loro localizzazione⁸.

Oltre alle categorie A, B e C, l'UCS introduce nuove tipologie:

- Tipo D: fratture interprotetiches che si verificano tra due impianti nello stesso segmento osseo. Queste lesioni presentano una complessità elevata a causa della ridotta disponibilità di osso e dell'effetto "stress riser", determinato dalla concentrazione delle sollecitazioni tra due strutture rigide⁸.
- Tipo E: fratture coinvolgenti entrambi i segmenti ossei in un'artroprotesi.
- Tipo F: fratture coinvolgenti un osso che si articola con un'endoprotesi.

Nonostante il valore teorico e la maggiore completezza, l'UCS non ha sostituito la classificazione di Vancouver nella pratica

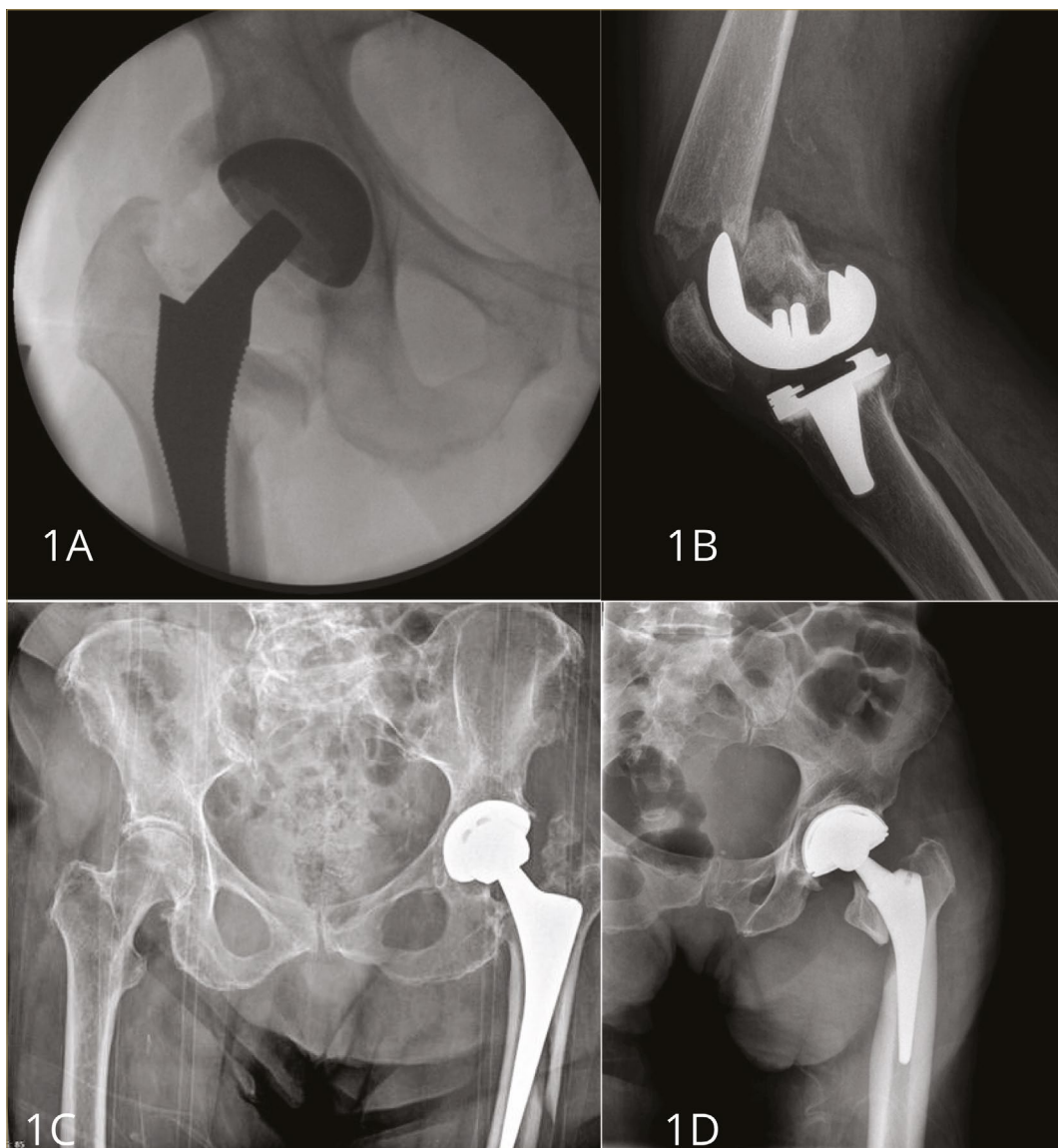


Figura 1. Esempi di fratture periprotetiche dell'arto inferiore. A) Periprotetica Anca Vancouver e UCS AL. B) Periprotetica ginocchio Rorabeck e Taylor tipo II. C) Periprotetica Anca Vancouver B2 - Reverse Clamshell. D) Periprotetica Anca Vancouver B1 - Clamshell.

clinica. Studi recenti dimostrano come la Vancouver rimanga il sistema più utilizzato nella letteratura e nei registri clinici, evidenziando una maggiore diffusione e applicabilità ⁷.

Classificazioni funzionali e nuovi pattern

Diversi studi hanno evidenziato due principali limitazioni nell'applicazione clinica dei

sistemi VCS e UCS: a) non tutti i tipi di fratture periprotetiche sono classificabili con questi sistemi; e b) si riscontrano variazioni individuali nella valutazione della stabilità della protesi femorale e nella valutazione della perdita ossea.

Negli ultimi anni è emerso un nuovo approccio classificativo basato su criteri funzionali. Questi sistemi descrivono il comportamento biomeccanico della frattura e la sua interazione con l'impianto, piuttosto che la sola localizzazione anatomica.

Tra i principali pattern descritti si annoverano:

Clamshell: frattura che origina alla base mediale del gran trocantere e termina alla corticale mediale distale del piccolo trocantere, mentre la corticale laterale rimane intatta. È tipicamente associata a steli non cementati e correlata a instabilità dello stelo anche in assenza di segni radiografici evidenti (come scomposizione del calcare e affondamento dello stelo) (Fig. 1D)

Reverse clamshell: frattura che origina dal calcare mediale e termina a livello della corticale laterale, associata ad instabilità dell'impianto protesico (Fig. 1C).

Burst: fratture più frequentemente associate a steli cementati e caratterizzate da frammentazione del manto cementizio. Sono fratture "da scoppio", con pericolo di devitalizzazione dell'osso.

Spiral instabile: frattura tipicamente correlata a steli cementati, in cui un pattern fratturativo a spirale origina dal manto di cemento e si propaga in modo simile nell'osso soprastante.

Questi pattern rappresentano una classificazione "funzionale", in quanto consentono di prevedere il comportamento della frattura sotto carico e di orientare la scelta terapeutica, segnando un passaggio da un approccio descrittivo a uno decisionale^{9,10}.

FRATTURE PERIPROTESICHE DEL GINOCCHIO

Classificazione di Rorabeck e Taylor

La classificazione di Rorabeck rappresenta il sistema più utilizzato per le fratture periprotetiche del femore distale. Essa distingue tre tipi:

- Tipo I: frattura non scomposta, impianto stabile.
- Tipo II: frattura scomposta, impianto stabile (Fig. 1B).
- Tipo III: impianto instabile.

Il parametro chiave è la stabilità della componente femorale, che guida la scelta tra osteosintesi e revisione protesica¹¹.

Classificazione di Su

La classificazione di Su si basa sulla localizzazione della frattura rispetto alla componente femorale della protesi. La frattura può dunque essere prossimale, a livello della protesi distale.

Questo sistema risulta particolarmente utile nella pianificazione della sintesi e nella scelta della tecnica chirurgica¹².

Classificazioni moderne orientate all'impianto

Le classificazioni più recenti introducono un approccio integrato che considera contemporaneamente la morfologia della frattura, la stabilità dell'impianto e le caratteristiche della protesi. L'obiettivo è superare i limiti dei sistemi tradizionali, che si basano prevalentemente sulla localizzazione della frattura o sulla sola stabilità della componente protesica.

La classificazione proposta da Fakler per le fratture periprotetiche del femore distale

associa il pattern fratturativo al tipo di impianto protesico presente, riconoscendo come differenti design protesici possano influenzare sia le possibilità di osteosintesi sia le opzioni di revisione. Tale approccio ha mostrato una buona affidabilità inter-osservatore e una maggiore utilità nella pianificazione preoperatoria rispetto alle classificazioni puramente descrittive ¹³.

Parallelamente, Rhee e collaboratori hanno proposto una classificazione chirurgicamente orientata che correla direttamente il tipo di frattura alla strategia terapeutica. In questo sistema, le fratture vengono raggruppate in funzione delle possibilità ricostruttive e della stabilità dell'impianto, fornendo al chirurgo un supporto decisionale immediato nella scelta tra osteosintesi, revisione protesica o procedure di salvataggio. Questo approccio rappresenta un'evoluzione verso classificazioni sempre più orientate al trattamento piuttosto che alla sola descrizione anatomica della lesione ¹⁴.

FRATTURE PERIPROTESICHE DELLA CAVIGLIA

Le fratture periprotetichesche della caviglia sono fratture rare ma complesse con un'incidenza in aumento. La classificazione di Hill-Brown è stata ideata per identificare e orientare il trattamento delle fratture periprotetichesche a seguito dell'artroplastica totale della caviglia.

Essa si basa su tre parametri fondamentali: sede della frattura, stabilità dell'impianto e qualità ossea.

- Tipo A: fratture dell'astragalo o del perone.
- Tipo B: fratture localizzate intorno alla componente tibiale distale (B1 impianto stabile, B2 impianto instabile senza perdita ossea, B3 impianto instabile con perdita ossea).

- Tipo C: fratture che si verificano nella diafisi tibiale o nella metafisi tibiale prossimale.

La classificazione di Hill-Brown determina il processo decisionale chirurgico: gli impianti stabili (Tipo A, Tipo B1) sono tipicamente gestiti con osteosintesi minimamente invasiva (MIPO) mediante placche, mentre gli impianti instabili (Tipo B2, B3, C) richiedono procedure di revisione o artrodesi della caviglia, specialmente se la riserva ossea è scarsa ¹⁵.

DISCUSSIONE

L'evoluzione delle classificazioni delle fratture periprotetichesche riflette il cambiamento della chirurgia ortopedica moderna. Si è passati da sistemi puramente descrittivi a modelli sempre più orientati alla decisione terapeutica.

Nonostante i numerosi sistemi proposti, nessuna classificazione risulta completamente esaustiva. Il limite principale è rappresentato dalla difficoltà di integrare in un unico modello tutti i fattori rilevanti: morfologia della frattura, stabilità dell'impianto, qualità ossea e comportamento biomeccanico. Inoltre, tali classificazioni non includono molti dei nuovi pattern di frattura associati all'evoluzione degli impianti protesici ^{9,10}.

Le classificazioni funzionali rappresentano un'evoluzione significativa, ma necessitano di ulteriori validazioni per una diffusione sistematica (Tab I).

CONCLUSIONI

Le fratture periprotetichesche rappresentano una sfida crescente nella chirurgia ortopedica associato ad alti tassi di morbidità e mortalità (Fig. 1). Le classificazioni costituiscono uno strumento fondamentale per l'inquadramento e la gestione clinica, ma non

Tabella I. Sintesi delle principali classificazioni delle fratture periprotetiche dell'arto inferiore.

Distretto	Classificazione	Criteri	Tipi / Descrizione
Anca	Vancouver	Localizzazione, stabilità impianto, bone stock	A: trocanterica (AG/AL) B1: stelo stabile B2: stelo instabile senza perdita ossea B3: stelo instabile con perdita ossea C: distale allo stelo
Anca	UCS	Estensione universale della Vancouver	A-B-C come Vancouver D: interprotesica E: coinvolge entrambi i segmenti ossei dell'artroplastica F: osso articolato con emiartroplastica
Anca	Pattern funzionali	Comportamento biomeccanico	Clamshell, reverse clamshell burst, spiral instabile
Ginocchio	Rorabeck e Taylor	Scomposizione e stabilità impianto	I: non scomposta, impianto stabile II: scomposta, impianto stabile III: impianto instabile
Ginocchio	Su	Localizzazione rispetto alla componente femorale	I: prossimale alla protesi II: a livello della protesi III: distale alla protesi
Ginocchio	Fakler	Morfologia + tipo di impianto	Classificazione impianto-dipendente
Caviglia	Hill-Brown	Localizzazione, stabilità impianto, qualità ossea	A: astragalo/perone B1: impianto stabile B2: instabile senza perdita ossea B3: instabile con perdita ossea C: metafisi/diafisi tibiale

possono sostituire il giudizio del chirurgo. L'integrazione tra classificazioni tradizionali, nuovi pattern funzionali e valutazione intraoperatoria rappresenta l'approccio più efficace per migliorare i risultati clinici.

Bibliografia

¹ Capone A, Congia S, Civinini R, et al. Peri-prosthetic fractures: epidemiology and current treatment. Clin Cases Miner Bone

Metab 2017;14(2):189-196. <https://doi.org/10.11138/ccmbm/2017.14.2.189>
² Yao ZY, Fan SY, Zhao WQ, et al. The history of classification systems for periprosthetic femoral fractures. Orthop Surg 2024;16(7):2120-2129. <https://doi.org/10.1111/os.14149>
³ Bengoa F, Neufeld ME, Howard LC, et al. Periprosthetic fractures after total knee arthroplasty. J Am Acad Orthop Surg 2023;31(24):e1283-e1294.

- ⁴ Benkovich V, Klassov Y, Mazilis B, et al. Periprosthetic fractures of the knee: a comprehensive review. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2020;30(3):387-399.
- ⁵ Streubel PN, Ricci WM, Wong A, et al. Mortality after distal femur fractures in elderly patients. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469(4):1188-1196. <https://doi.org/10.1007/s11999-010-1530-2>
- ⁶ Duncan CP, Masri BA. Fractures of the femur after hip replacement. *Instr Course Lect* 1995;44:293-304.
- ⁷ Schopper C, Luger M, Hipmair G, et al. The race for the classification of proximal periprosthetic femoral fractures: Vancouver versus Unified Classification System (UCS)—a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord* 2022;23:183. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05240-w>
- ⁸ Duncan CP, Haddad FS. The Unified Classification System (UCS): improving our understanding of periprosthetic fractures. *Bone Joint J* 2014;96-B(6):713-716. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B6.33744>
- ⁹ Karam J, Campbell P, Desai S, et al. Periprosthetic proximal femoral fractures in cemented and uncemented stems according to Vancouver classification: observation of a new fracture pattern. *J Orthop Surg Res* 2020;15(1):100. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-01619-4>
- ¹⁰ Mondanelli N, Facchini RM, Tigani D, et al. Treatment Algorithm of Periprosthetic Femoral Fractures. *Surg Technol Int* 2022;40:381-387. <https://doi.org/10.1177/21514593221097608>
- ¹¹ Rorabeck CH, Taylor JW. Classification of periprosthetic fractures complicating total knee arthroplasty. *Orthop Clin North Am* 1999;30(2):209-214. [https://doi.org/10.1016/S0030-5898\(05\)70075-4](https://doi.org/10.1016/S0030-5898(05)70075-4)
- ¹² Su ET, DeWal H, Di Cesare PE. Periprosthetic femoral fractures above total knee replacements. *J Am Acad Orthop Surg* 2004;12(1):12-20.
- ¹³ Fakler JKM, Grafe A, Dingerkus M, et al. Periprosthetic fractures of the distal femur after total knee arthroplasty: current concepts and classification systems. *BMC Musculoskelet Disord* 2017;18:519.
- ¹⁴ Rhee SJ, Cho JY, Choi YY, et al. Surgically oriented classification of femoral periprosthetic fractures. *Knee Surg Relat Res* 2018;30(4):282-289.
- ¹⁵ Hill ZP, Brown JR, DeGenova D, et al. Traumatic Periprosthetic Fractures Following Total Ankle Replacement: A Systematic Review and Proposed Classification. *Foot Ankle Spec* 2025;18(3):295-304.

DIAGNOSTICA E PLANNING CHIRURGICO NELLE FRATTURE PERIPROTESICHE DELL'ANCA

Jacopo Ambrosini¹, Marco Selmo^{1,2}, Pietro Spoletini¹, Nicholas Elena¹, Stefano Giaretta¹

¹ UOC Ortopedia e Traumatologia OC San Bortolo AULSS 8 "Berica", Vicenza; ² Fondazione IRCCS San Gerardo dei Tintori, Monza

INTRODUZIONE

Le fratture periprotetiche dell'anca (FPPA) rappresentano oggi la terza causa di revisione chirurgica in chirurgia protesica, con un'incidenza stimata tra lo 0,1% e il 4,1% delle artroprotesi totali d'anca (Total Hip Arthroplasty, THA) impiantate^{1,2}. L'aumento progressivo del numero di impianti primari, combinato con il prolungamento dell'aspettativa di vita e con la diffusione della chirurgia protesica in pazienti più giovani e funzionalmente attivi, rende prevedibile un ulteriore incremento di questi eventi nel prossimo decennio^{3,4}.

Le FPPA si associano a elevata morbilità perioperatoria, prolungato ricovero ospedaliero e mortalità a un anno che, nelle casistiche più recenti, si avvicina a quella registrata per le fratture native di femore prossimale⁴. Zhu et al. hanno sistematizzato i fattori di rischio in una revisione sistematica con metanalisi, identificando variabili legate al paziente, all'impianto e alla tecnica chirurgica come determinanti indipendenti dell'evento¹.

La gestione di queste fratture richiede la convergenza di competenze traumatologiche e protesiche: l'obiettivo primario è garantire la mobilizzazione precoce del paziente, ripristinare l'allineamento anatomico e ottenere una protesi stabile con adeguato

supporto osseo⁵. A tale scopo, la corretta esecuzione delle fasi di inquadramento diagnostico, classificazione e pianificazione preoperatoria risulta determinante per l'esito del trattamento.

Nel presente capitolo vengono analizzati i principi diagnostici e le strategie di planning nelle FPPA, con riferimento alle classificazioni attualmente in uso e ai criteri di scelta terapeutica, integrati con l'esperienza maturata.

DIAGNOSTICA

Presentazione clinica

La diagnosi di FPPA si presenta in contesti clinici eterogenei. Nella larga maggioranza dei casi (87,5% in una serie monocentrica recente)⁶ la causa è un trauma a bassa energia, tipicamente una caduta dal piano di deambulazione in pazienti anziani con osteoporosi e comorbidità sistemiche rilevanti. In una quota minoritaria di pazienti la frattura avviene intraoperatoriamente durante l'impianto primario o la revisione, oppure si configura come frattura da stress in osso di qualità compromessa.

Sul piano clinico, il paziente riferisce dolore acuto all'anca o alla coscia con impotenza funzionale dell'arto inferiore; nelle fratture scomposte è presente deformità in accor-

ciamento e rotazione esterna. È necessario distinguere la FPPA dall'allentamento asettico dell'impianto, che invece si manifesta con dolore cronico progressivo in assenza di trauma definito. L'intervallo medio tra l'impianto primario e l'insorgenza della frattura è variabile ma si aggira intorno ai 9 anni (range 6 mesi – 28 anni) ⁶.

La valutazione clinica iniziale deve includere: anamnesi dettagliata del precedente intervento protesico (tipo di impianto, via d'accesso, tecnica di fissazione, eventuale storia di revisioni pregresse o di dolore inguinale cronico), esame obiettivo completo dell'arto con verifica della funzione neurovascolare distale, e raccolta standardizzata degli score funzionali preoperatori come riferimento per la stratificazione prognostica. La valutazione multidisciplinare preoperatoria – integrata dalla classificazione ASA e dall'indice di comorbidità di Charlson (CCI) – deve essere attivata in fase diagnostica e non essere delegata alla sola fase di pianificazione chirurgica. Nella buona pratica clinica si evidenzia come la discussione collegiale tra ortopedico, anestesista e internista migliori significativamente la qualità del trattamento nei pazienti con ASA elevato ≥ 3 o CCI ≥ 5 , che rappresentano la quota clinicamente più critica ma anche più rappresentata di questa popolazione.

Imaging radiologico standard

Lo studio radiografico convenzionale rappresenta il primo e imprescindibile livello diagnostico. Le proiezioni standard devono comprendere: radiografia del bacino in anteroposteriore (AP) con entrambe le anche, radiografia dell'anca interessata in AP e assiale, radiografia del femore in toto nelle proiezioni AP e laterale. Questa ultima proiezione deve essere correttamente analizzata per meglio valutare l'estensione prossimale e distale della rima di frattura in rapporto alla lunghezza dello stelo prote-

sico, elemento fondamentale per la pianificazione della strategia chirurgica sia della sintesi che della revisione.

La lettura radiografica sistematica deve considerare: sede e tipologia della rima di frattura (trasversale, obliqua, spiroide, comminuta), rapporto della frattura con la punta dello stelo, entità e direzione dello spostamento dei frammenti, segni di stabilità o instabilità dello stelo (aree di riassorbimento periprotetico, migrazione, frattura a livello dell'eventuale manto di cemento, osteolisi), qualità dell'osso periprotetico. La valutazione della stabilità dello stelo in fase preoperatoria è l'elemento che più direttamente orienta la scelta terapeutica.

La comparazione sistematica con i controlli radiografici precedenti, quando disponibili, è parte integrante del processo diagnostico e non dovrebbe essere sottovalutata. Le modificazioni progressive dell'impianto identificabili come: la migrazione dello stelo o l'ampliamento delle zone di osteolisi possono suggerire una precedente instabilità o un impianto già mobilizzato e modificare la pianificazione chirurgica ³.

Tomografia computerizzata (TC)

La TC con ricostruzioni multiplanari (MPR) e volumetriche (3D) integra le informazioni radiografiche convenzionali, in particolare nella valutazione della comminuzione della frattura e nella distribuzione tridimensionale dei frammenti. La stessa presenza della protesi, rispetto alle altre fratture, causa la presenza di artefatti metallici intorno all'impianto che può ridurre la resa diagnostica, per questo motivo è molto utile l'analisi delle immagini con protocolli dedicati alla riduzione degli artefatti metallici che permettono un significativo miglioramento della qualità dell'immagine.

Le indicazioni principali alla TC nelle FPPA sono: (a) fratture con pattern di comminuzione non valutabile con la sola radiogra-

fia convenzionale; (b) sospetto di perdita di sostanza ossea (*bone stock deficiency*) non quantificabile radiograficamente; (c) casi con classificazione incerta tra tipo B1 e B2 alla radiografia standard, dove la TC può confermare o escludere l'instabilità dello stelo; (d) pianificazione di revisioni complesse con necessità di ricostruzione segmentaria o di simulazione pre-chirurgica tridimensionale.

L'integrazione sistematica tra radiografia convenzionale e TC riduce la quota di casi classificati in modo incerto e migliora la riproducibilità classificativa tra osservatori, con benefici diretti sull'accuratezza del processo decisionale chirurgico. Nei centri ad alto volume questa integrazione sta diventando parte del protocollo diagnostico standard per tutte le FPPA di tipo B.

In considerazione anche della facilità di esecuzione e della disponibilità dell'esame in tempi ristretti, l'integrazione con la TC può essere considerata di grande utilità anche nelle altre tipologie di frattura.

Risonanza magnetica e medicina nucleare

La risonanza magnetica (RM) ha un ruolo limitato nella valutazione delle FPPA e trova indicazione in casi selezionati soprattutto per fare chiarezza nella diagnosi differenziale con lesioni tumorali, infettive o per la valutazione delle parti molli periprotetiche. Le sequenze MARS (Metal Artifact Reduction Sequences) ne hanno migliorato l'applicabilità clinica, ma le difficoltà di avere l'esame in tempi ridotti, la complessità tecnica e l'evidenza che alcuni pazienti non sono idonei all'esecuzione dell'esame stesso, impongono di utilizzarla solo in casi selezionati.

Le indagini di medicina nucleare: scintigrafia ossea con tecnezio-99m, PET-TC con FDG, non rientrano nel percorso diagnostico standard delle FPPA. Possono essere considerate utili in presenza di sospetto allentamento

settico come fattore predisponente alla frattura: la distinzione tra allentamento asettico e settico ha implicazioni terapeutiche maggiori, condizionando la scelta dell'impianto di revisione e i tempi chirurgici³.

CLASSIFICAZIONI DELLE FRATTURE PERIPROTESICHE DELL'ANCA

Le classificazioni delle FPPA perseguono tre obiettivi: sistematizzare la varietà morfologica delle lesioni, guidare la scelta del trattamento, e consentire il confronto standardizzato tra casistiche diverse. Yao et al. hanno analizzato l'evoluzione storica di questi sistemi dalla fine degli anni '70 ad oggi, identificando oltre venti proposte classificative per le sole fratture periprotetiche femorali².

Classificazione di Vancouver (Duncan e Masri, 1995)

La classificazione di Vancouver, proposta originariamente nel 1995 e successivamente revisionata, rimane il sistema di riferimento predominante nella pratica clinica e nella ricerca. Si basa su tre parametri: sede anatomica della frattura in rapporto alla protesi, stabilità dello stelo femorale, qualità dell'osso periprotetico. La sua adozione è universale e la sua validità prognostica è supportata da multiple serie prospettiche^{2,3}.

Tipo A: frattura trocanterica. AG (grande trocantere) o AL (piccolo trocantere). Stelo stabile. Trattamento prevalentemente conservativo, con opzione chirurgica nei casi con spostamento > 2 cm o compromissione del meccanismo abduzionale.

Tipo B: frattura diafisaria intorno alla punta dello stelo o immediatamente distale. Tipo più frequente e clinicamente più impegnativo.

B1: stelo stabile, osso di buona qualità in cui può essere effettuata una sintesi.

B2: stelo instabile, osso di buona qualità in

cui può essere considerata la revisione associata a varie tipologie di sintesi

B3: stelo instabile, grave carenza di *bone stock* in cui si devono considerare tecniche di revisione con ricostruzione o di resezione e sostituzione con protesi adatte.

Tipo C: frattura diafisaria distale alla punta dello stelo. Stelo non implicato. Trattamento secondo i principi della sintesi diafisaria femorale, senza necessità di revisione protesica.

Nella nostra casistica ⁷, le fratture di tipo B rappresentavano la quota maggioritaria (B1: 31,3%; B2: 39,1%; B3: 12,5%), seguite dalle fratture di tipo C (10,9%) e di tipo A (6,3%). Questi dati sono in linea con le distribuzioni riportate in letteratura per centri ad alto volume.

Uzoigwe et al. hanno evidenziato i principali limiti del sistema di Vancouver, sottolineando l'eterogeneità interna al tipo B2, che raccoglie un ampio spettro di fratture con implicazioni terapeutiche molto diverse. Nella loro proposta classificativa affinata, vengono considerate variabili aggiuntive come l'entità della comminuzione, l'angolazione della frattura e la tipologia dello stelo ⁴.

Unified Classification System (UCS)

Lo Unified Classification System (UCS), proposto da Duncan e Haddad nel 2014, estende la logica classificativa di Vancouver a tutti i segmenti scheletrici interessati da impianti protesici (anca, ginocchio, spalla, gomito). Le categorie principali – A (lontano dal punto di fissazione), B (intorno ai punti di fissazione), C (al di là dell'area di fissazione), D (fratture che dividono l'impianto), E (fratture su osso interprostetico), F (fratture della superficie articolare) – mantengono i tre sottogruppi di stabilità del sistema di Vancouver.

L'UCS è utile nei contesti di ricerca e nelle casistiche multicentriche, dove la standardizzazione della classificazione tra centri con

diverse specializzazioni è essenziale. Nella pratica clinica quotidiana, la sua maggiore complessità rispetto al sistema di Vancouver ne limita tuttora la diffusione capillare ².

La classificazione di Vancouver rimane lo strumento di riferimento operativo e la più utilizzata in ambito clinico e di confronto tra colleghi.

Altre classificazioni e il problema delle fratture interprostetiche

Tra i sistemi classificativi storici, la classificazione di Johansson (1981) e quella di Mont e Maar (1994) mantengono un interesse prevalentemente storico. La classificazione di Della Valle e Paprosky per i difetti ossei acetabolari trova indicazione specifica nelle revisioni del componente acetabolare, anche in contesti di frattura periprotetica con coinvolgimento del cotile. Un'entità classificativa distinta, di crescente rilevanza clinica, è rappresentata dalle fratture interprostetiche, le fratture del femore tra uno stelo di anca e una componente di ginocchio ipsilaterale. Solarino et al. hanno pubblicato la prima revisione sistematica della letteratura specificamente dedicata a questa lesione, documentando come la scelta terapeutica debba considerare la stabilità di entrambi gli impianti, la qualità ossea del segmento interframmentario e le condizioni generali del paziente ⁸. La loro analisi ha evidenziato come la mancanza di uno standard di cura condiviso si rifletta in tassi di complicanze ancora elevati, con percentuali di pseudoartrosi fino al 33% nelle serie più ampie.

Gaussden et al. sottolineano come il crescente numero di pazienti portatori di impianti multipli nello stesso arto renda le fratture interprostetiche un problema di interesse emergente che i sistemi classificativi attuali non inquadrano in modo soddisfacente ³.

Variabilità interosservatore e prospettive future

Un limite trasversale a tutti i sistemi classificativi è la variabilità interosservatore, documentata anche tra chirurghi esperti. Yao et al. rilevano come la concordanza classificativa dipenda dalla qualità delle proiezioni radiografiche disponibili, dall'esperienza del valutatore e dall'accesso all'imaging avanzato². L'utilizzo integrato di radiografia convenzionale e TC migliora significativamente la riproducibilità classificativa.

Le prospettive future comprendono l'integrazione di sistemi di classificazione assistita da intelligenza artificiale, con algoritmi di machine learning capaci di analizzare automaticamente le immagini radiografiche e proporre una classificazione standardizzata. Gaussden et al. segnalano come questi strumenti siano ancora in fase di sviluppo e validazione clinica prospettica, ma rappresentino una direzione concreta di evoluzione del processo diagnostico³.

FATTORI DI RISCHIO

La comprensione dei fattori di rischio per le FPPA è necessaria per la stratificazione del rischio chirurgico nel paziente che si presenta con frattura. Zhu et al. hanno identificato in una metanalisi i seguenti determinanti indipendenti: sesso femminile, età avanzata, osteoporosi (T-score < -2,5 alla DXA), artrite reumatoide, precedenti revisioni protesiche ipsilaterali, stelo non cementato a fissazione distale, storia di allentamento asettico preoperatorio¹.

I fattori legati all'impianto sono le sole variabili modificabili in fase di pianificazione primaria. Gli steli non cementati a fissazione distale presentano un'incidenza di FPPA significativamente superiore rispetto agli steli cementati o agli steli *press-fit* a fissazione prossimale, specialmente nei primi anni dall'impianto¹. La protesi di rivestimento

(*resurfacing*) e i sistemi di revisione con stelo lungo rappresentano ulteriori determinanti di rischio da considerare nel counseling preoperatorio dell'impianto.

Sul piano tecnico, i fattori di rischio modificabili comprendono: il posizionamento scorretto dello stelo, l'utilizzo di taglie improprie, le fratture intraoperatorie non identificate o inadeguatamente trattate al momento dell'impianto primario. Aprato et al. hanno documentato come una pianificazione preoperatoria accurata, basata sulla valutazione morfologica del canale femorale e sulla qualità ossea preoperatoria, riduca significativamente l'incidenza delle complicanze periprotetiche anche nelle casistiche più complesse, come le fratture acetabolari con protesizzazione in acuto⁹. La valutazione del rischio deve essere parte integrante del percorso preoperatorio di ogni paziente con THA. In presenza di fattori di rischio multipli, è indicata la discussione multidisciplinare per la scelta dell'impianto più appropriato e l'ottimizzazione delle condizioni sistemiche, in particolare dell'osteoporosi, prima dell'intervento.

PLANNING PREOPERATORIO

Principi generali

Il planning preoperatorio nelle FPPA è un processo strutturato che integra la valutazione clinica del paziente, la valutazione, meglio se di più osservatori, dell'imaging, la classificazione della frattura e la definizione della strategia chirurgica. Mondanelli et al. propongono un algoritmo decisionale basato su questi quattro elementi sequenziali, sottolineando come la qualità di ciascuna fase condizioni l'accuratezza delle fasi successive⁵.

Gli obiettivi operativi del planning comprendono:

(a) definire la strategia di trattamento (sintesi vs revisione);

(b) selezionare tipo e dimensioni degli impianti;

(c) pianificare l'approccio chirurgico e identificare le potenziali difficoltà tecniche;

(d) stimare il fabbisogno di *allograft* osseo e di sostituti;

(e) predisporre le attrezzature di emergenza;

(f) valutare il rischio anestesilogico e stabilire il timing chirurgico.

Nella pratica è una buona norma la discussione collegiale del caso con il team prima dell'intervento anche perché la valutazione integrata di Parker Mobility Score (PMS), ASA score e Charlson Comorbidity Index (CCI) consente di stratificare i pazienti B2 in sottogruppi con indicazioni terapeutiche distinte: pazienti con bassa domanda funzionale (PMS < 5), alto rischio anestesilogico (ASA ≥3) e comorbidità rilevanti (CCI ≥5) possono essere candidati a osteosintesi anche in presenza di stelo apparentemente

instabile, quando le condizioni generali non consentono una revisione maggiore ⁷.

Planning nelle fratture di tipo B1

Nelle B1 (stelo stabile, buona qualità ossea) il planning è orientato alla scelta della tecnica di sintesi ottimale per ottenere stabilità della frattura preservando l'impianto esistente. Le opzioni principali sono le placche con sistemi di fissazione sia a stabilità angolare che a compressione con viti bicorticali, mono corticali e possibilità di essere associate a cerchiaggi nelle zone di osso a contatto con lo stelo.

Il planning radiografico prevede: calcolo della lunghezza minima della placca (almeno 2-3 diametri femorali oltre i margini della frattura), definizione del numero e della posizione delle viti in modo da evitare il contatto diretto con la protesi, e valutazione della necessità di cerchiaggi supplementa-

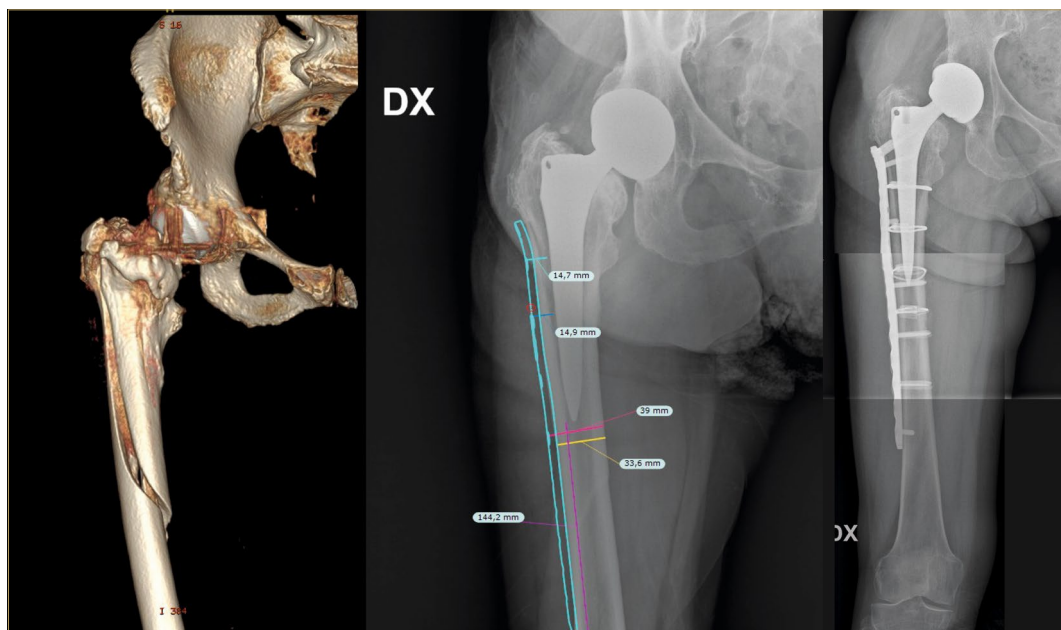


Figura 1. A) Studio TC 3D; B) Planning preoperatorio; C) Imaging postoperatorio; di frattura periprotetica Vancouver B1.

ri in caso di comminuzione. Gaussden et al. descrivono i progressi nei sistemi di fissazione dedicati alle B1, con placche dotate di inserti specifici per il passaggio di cerchiaggi, che migliorano la stabilità torsionale del costrutto (Fig. 1) ³.

La verifica intraoperatoria della stabilità dello stelo rimane un passaggio obbligato: alcune fratture classificate B1 preoperatoriamente si rivelano B2 all'esame diretto durante l'esposizione chirurgica, con necessità di conversione a revisione. Per questo motivo il piano operatorio deve prevedere la disponibilità di steli di revisione compatibili anche per le procedure pianificate come B1 ^{3,7}.

Planning nelle fratture di tipo B2

Le B2 (stelo instabile, buona qualità ossea) richiedono nella quasi totalità dei casi la revisione protesica con reimpianto. Il planning preoperatorio deve analizzare: tipo e caratteristiche dello stelo da rimuovere (cementato o non cementato, lunghezza, diametro, geometria), morfologia del canale femorale residuo, pattern di frattura e qualità ossea nei segmenti prossimale e distale. La scelta dello stelo di revisione è il momento decisionale centrale. Le opzioni disponibili comprendono steli a fissazione distale modulari o monoblocco, steli dotati di rivestimento più o meno esteso, steli a fissazione prossimale di maggiore diametro e, nei casi con comminuzione estesa, steli da resezione di origine e utilizzo principale nei casi oncologici. Lo stelo di revisione deve superare di almeno due diametri femorali il limite distale della frattura per garantire un ancoraggio adeguato ⁵.

Il planning delle B2 deve prevedere esplicitamente la possibilità di complicanze intraoperatorie non anticipabili preoperatoriamente: estensione della rima di frattura durante la rimozione dello stelo, perdita di sostanza ossea maggiore di quella stimata preoperatoriamente, necessità di passaggio

a un costrutto più complesso. Per questo motivo la disponibilità in sala operatoria di una gamma completa di steli (più diametri e lunghezze), di sistemi di cerchiaggio e di *allograft* corticale strutturale è un requisito organizzativo di fondamentale importanza tanto da renderlo non negoziabile.

Nei pazienti anziani fragili con B2 e controindicazioni alla revisione maggiore (ASA ≥ 3 , CCI ≥ 5 , PMS < 5), la letteratura supporta la gestione con sola osteosintesi, con risultati accettabili in termini di guarigione della frattura pur in presenza di una quota di instabilità dello stelo.

Planning nelle fratture di tipo B3

Le B3 (stelo instabile, grave carenza di *bone stock*) rappresentano la situazione più complessa e la più difficile da pianificare. L'obiettivo è duplice: ricostruzione biologica del femore e ottenimento di un ancoraggio stabile per il nuovo impianto. La TC preoperatoria con ricostruzioni 3D è obbligatoria per la mappatura del deficit osseo e la simulazione dell'ancoraggio ma le variabili intraoperatorie possono essere tali che la previsione preoperatoria può facilmente essere fallace.

Le opzioni terapeutiche nelle B3 comprendono:

- reimpianto con stelo a fissazione distale e *allograft* (*impaction bone grafting*),
- steli da resezione,
- protesi femorale totale per la ricostruzione segmentaria,
- composito *allograft*-protesi (APC).

In pazienti anziani a bassa domanda funzionale e con condizioni generali critiche: l'artroplastica di resezione (meglio nota come intervento di Girdlestone) può rappresentare un'opzione valida per i rischi limitati anche se il deficit funzionale è molto limitante.

Solarino et al. documentano come nelle fratture interprotesiche, che condividono con le B3 il problema della grave com-

promissione del *bone stock* nel segmento interframmentario, non esista ancora uno standard di cura consolidato, e come la varietà di approcci imponga la pianificazione caso per caso con equipe plurispecialistica e disponibilità di sistemi di *augment*, innesti strutturali e altro ⁸.

Planning nelle fratture di tipo A e C

Nelle fratture tipo A che coinvolgono il Grande Trocantere, AG, con spostamento superiore ai 2 cm o con coinvolgimento della muscolatura abduttoria tale da poter causare un deficit, il planning deve prevedere la sintesi con cerchiaggi o placche specifiche per il grande trocantere. Per questa ragione la valutazione dell'integrità funzionale del complesso abduttorio è un passaggio obbligatorio, in quanto la sua compromissione condiziona significativamente il recupero funzionale ⁵.

Le fratture di tipo C richiedono un planning chirurgico orientato ai principi di una sintesi diafisaria femorale con sistemi non endocanalari per la complessità aggiuntiva della presenza dello stelo protesico. Mondanelli et al. raccomandano placche a stabilità angolare con opzioni di cerchiaggio per la zona juxta-protesica, dove le viti bicorticali sono posizionabili con maggiore difficoltà ⁵.

Planning digitale e tecnologie avanzate

Il templating digitale preoperatorio mediante software dedicati che consentono la sovrapposizione dei template degli impianti sull'imaging del paziente permette la stima accurata delle dimensioni degli impianti, la valutazione dell'offset femorale e la simulazione della riduzione. La stampa 3D di modelli anatomici del femore del paziente trova applicazione crescente nei casi B3 e nelle fratture interprotesiche, consentendo

la simulazione pre-chirurgica e riducendo i tempi operatori ³; ciò però comporta una difficoltà organizzativa e clinica dei tempi di stampa e ricostruzione che potrebbero non essere compatibili con le condizioni del paziente.

L'integrazione di sistemi di navigazione chirurgica e di intelligenza artificiale nel planning rappresenta la frontiera attuale della ricerca in questo campo. Patsiogiannis et al. sottolineano tuttavia come, indipendentemente dalle tecnologie disponibili, l'esperienza e il giudizio clinico del chirurgo rimangano il fattore determinante per l'esito del trattamento ⁶.

Approccio multidisciplinare e ottimizzazione preoperatoria

Le FPPA si verificano prevalentemente in pazienti anziani con comorbidità rilevanti. Il percorso multidisciplinare che deve includere un internista/geriatra, un anestesista e eventualmente altri specialisti come cardiologi, pneumologia, infettivologi nella fase preoperatoria e specialista in medicina fisica e riabilitativa, fisioterapista, nutrizionista nella fase postoperatoria deve essere attivato tempestivamente per garantire un percorso di cure armonico e orientato ai bisogni clinici e assistenziali del paziente ⁶. L'ottimizzazione preoperatoria comprende: valutazione e correzione dello stato nutrizionale, ottimizzazione della funzione cardiaca e respiratoria, gestione della terapia anticoagulante con bridging appropriato, correzione dell'anemia preoperatoria e perioperatoria, rivalutazione del metabolismo osseo con eventuale integrazione di vitamina D e calcio. Zhu et al. documentano come le comorbidità sistemiche siano predittori indipendenti non solo del rischio di FPPA, ma anche dell'outcome postoperatorio a breve e lungo termine ¹.

Nella gestione delle FPPA complesse – in

particolare le B3 e le fratture interprotesiche – la pianificazione dell'equipe chirurgica deve considerare la disponibilità contemporanea di competenze traumatologiche e di chirurgia protesica di revisione al fine di un ottimale coordinamento multiprofessionale in sala operatoria che è una condizione necessaria per un risultato accettabile ⁸.

CONCLUSIONI

Le FPPA sono complicanze gravi, in aumento di incidenza assoluta, che richiedono un approccio diagnostico-terapeutico strutturato. La corretta esecuzione delle fasi di inquadramento clinico, imaging, classificazione e planning preoperatorio condiziona direttamente l'outcome chirurgico.

La classificazione di Vancouver rimane il sistema di riferimento clinico e scientifico, con i limiti noti relativi all'eterogeneità del sottotipo B2 e alla mancanza di un'adeguata categorizzazione delle fratture interprotesiche. L'integrazione sistematica di radiografia convenzionale e TC migliora la riproducibilità classificativa e riduce le incertezze diagnostiche preoperatorie.

Il planning preoperatorio deve essere sistematicamente articolato: valutazione della stabilità dello stelo, stima del *bone stock* disponibile, scelta degli impianti e delle tecniche di sintesi, definizione del team e verifica della disponibilità delle risorse in sala operatoria. L'approccio multidisciplinare, attivato sin dalla fase diagnostica, è condizione necessaria per la gestione ottimale del paziente anziano con FPPA.

La difficoltà tecnica, la complessità clinica del paziente affetto da queste fratture, il materiale necessario ad affrontare in sicurezza questi casi e il grado di esperienza necessario per affrontare al meglio questa patologia suggerisce di identificare centri di riferimento per una patologia sempre più frequente in pazienti sempre più fragili; la qualità del percorso diagnostico-classificativo-pianificatorio

associata ad una rigorosa tecnica chirurgica si traduce in un miglioramento degli outcome clinici e nella riduzione delle complicanze intraoperatorie e postoperatorie.

Bibliografia

- ¹ Zhu Y, Chen W, Sun T, et al. Risk factors for the periprosthetic fracture after total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Surg.* 2015;104(3):139-145. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1997.12.1.6>
- ² Yao ZY, Fan SY, Zhao WQ, et al. The history of classification systems for periprosthetic femoral fractures: a literature review. *J Orthop Surg Res.* 2024;16(8):1816-1831. <https://doi.org/10.1111/os.14149>.
- ³ Gausden EB, Bedard NA, Gililland JM, et al. What's new in periprosthetic femur fractures? *J Arthroplasty.* 2024 Sep;39(9 Suppl 2):S18-S25. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2024.04.037>.
- ⁴ Uzoigwe CE, Watts AT, Briggs P, et al. Periprosthetic femoral fractures: beyond B2. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev.* 2024 Aug 6;8(8):e23.00135. <https://doi.org/10.5435/JAAOSGlobal-D-23-00135>.
- ⁵ Mondanelli N, Troiano E, Facchini A, et al. Treatment algorithm of periprosthetic femoral fractures. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2022;13:21514593221097608. <https://doi.org/10.1177/21514593221097608>
- ⁶ Giaretta S, Momoli A, Porcelli G, et al. Diagnosis and management of periprosthetic femoral fractures after hip arthroplasty. *Injury.* 2019;50(Suppl 2). <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.01.053>
- ⁷ Patsiogiannis N, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Periprosthetic hip fractures: an update into their management and clinical outcomes. *EFORT Open Rev.* 2021;6(1):55-67. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.200050>.
- ⁸ Solarino G, Vicenti G, Moretti L, et al. Interprosthetic femoral fractures: a challenge of treatment. A systematic review of the literature. *Injury.* 2014;45(2):362-368. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2013.09.028>
- ⁹ Massè A, Guzzi Susini E, Sandrucci G, et al. La protesizzazione dell'anca complessa nelle fratture acetabolari. *Minerva Ortop Traumatol.* 2006;57(4):279-282.

LE FRATTURE PERIPROTESICHE DELL'ACETABOLO: TRATTAMENTO

Marco Stella ¹, Maddalena Lontaro Baracchini ¹, Francesco Ratto ¹,
Emmanuele Santolini ², Luigi Branca Vergano ³

¹ SC Ortopedia e Traumatologia, Ente Ospedaliero Ospedali Galliera, Genova; ² UO Ortopedia e Traumatologia d'Urgenza, Ospedale Policlinico San Martino, IRCCS Azienda Ospedaliera Metropolitana, Genova; ³ UO Ortopedia e Traumatologia, Ospedale Santa Chiara, Azienda Sanitaria Integrata del Trentino, Trento

EPIDEMIOLOGIA

Le fratture periprotetichesche dell'acetabolo rappresentano una complicità relativamente rara nei pazienti sottoposti ad artroprotesi totale dell'anca (PTA); tuttavia, la loro incidenza è in progressivo aumento e si prevede che continui a crescere negli anni futuri. Alla fine degli anni '90, l'incidenza di queste fratture era stimata intorno allo 0,07% delle PTA; dati più recenti indicano invece una frequenza prossima allo 0,8% nei pazienti portatori di protesi, rappresentando circa il 4-6% degli interventi di revisione protesica dell'anca ¹⁻⁷.

Questo trend è legato sia all'incremento del numero di impianti protesici, sempre più frequenti anche in pazienti giovani e attivi, esposti quindi a traumi ad alta energia, sia all'aumento dell'aspettativa di vita, con conseguente maggiore incidenza di fratture da fragilità nella popolazione anziana ¹⁻⁶. Dal punto di vista eziologico, le fratture periprotetichesche si distinguono in iatrogene (intraoperatorie) e traumatiche (postoperatorie).

Le fratture intraoperatorie sono le più frequenti e la loro incidenza è stimata intorno allo 0,4%; tuttavia, considerando anche le cosiddette fratture occulte – evidenziabili esclusivamente mediante TC postoperatoria e non riconosciute né intraoperatoria né alle radiografie standard – tale valore può raggiungere il 7-8% ⁸⁻¹⁰.

Queste lesioni si osservano più frequentemente negli interventi di revisione rispetto agli impianti primari, a causa di fattori legati sia al paziente (osteoporosi, ridotta qualità ossea e ridotto *bone stock*) sia alla maggiore complessità tecnica della chirurgia di revisione, inclusa la rimozione di componenti protesiche ben osteointegrate ¹¹.

Il trattamento di una frattura acetabolare in presenza di una protesi dell'anca rappresenta una procedura complessa e impegnativa, che richiede competenze avanzate sia in ambito traumatologico sia in quello protesico. Spesso è infatti necessario associare alla revisione della componente acetabolare l'osteosintesi di una o più colonne dell'acetabolo, al fine di garantire un'adeguata stabilità primaria dell'impianto.

Infine, rispetto alle fratture periprotetichesche del femore – la cui incidenza è significativamente più elevata (circa 7,8%) – quelle dell'acetabolo risultano meno frequenti e, di conseguenza, il loro trattamento è tuttora meno standardizzato ⁷.

FATTORI DI RISCHIO

I fattori di rischio per le fratture periprotetichesche dell'acetabolo possono essere distinti in due grandi categorie: quelli legati al paziente e quelli correlati all'impianto.

Tra i fattori legati al paziente rientrano tutte

le condizioni patologiche in grado di compromettere l'integrità strutturale dell'osso. Queste possono essere ulteriormente suddivise in alterazioni di tipo quantitativo, come osteoporosi e osteolisi, e di tipo qualitativo, quali infezioni, patologie neoplastiche e morbo di Paget ^{5,12}.

I fattori di rischio associati all'impianto si manifestano prevalentemente nel contesto delle fratture intraoperatorie. In generale, i cotili cementati presentano un rischio inferiore di frattura periprotetica rispetto a quelli non cementati ¹⁰.

Questi ultimi possono essere inseriti mediante fresatura line-to-line oppure mediante under-reaming dell'acetabolo con impianto *press-fit*. Un under-reaming superiore a 2 mm rappresenta un fattore di rischio significativo per frattura intraoperatoria, che può ulteriormente aumentare in relazione al design della coppa utilizzata ⁵.

Le coppe ellittiche presentano un diametro equatoriale maggiore di circa 2 mm rispetto al diametro nominale. Di conseguenza, si raccomanda una preparazione line-to-line per tali coppe, mentre per le coppe emisferiche è generalmente accettabile un under-reaming compreso tra 1 e 2 mm, modulato in base alla qualità dell'osso ^{5,8}.

Anche l'utilizzo di coppe di grandi dimensioni (*jumbo cups*) contribuisce ad aumentare le sollecitazioni meccaniche sull'osso acetabolare e, di conseguenza, il rischio di frattura ^{12,13}.

Per quanto riguarda i cotili a doppia mobilità, sebbene la letteratura sia ancora limitata, la loro maggiore rigidità potrebbe rappresentare un ulteriore fattore di rischio, in particolare nei pazienti con osteopenia o osteoporosi. Questo aspetto assume rilevanza alla luce del crescente utilizzo di tali impianti per ridurre il rischio di lussazione, sia nei pazienti giovani e attivi sia in quelli anziani ¹⁴.

Per quanto riguarda le fratture intraoperatorie occulte, diversi studi evidenziano una maggiore frequenza a livello della parete

supero-laterale, dove l'osso è spesso sclerotico e si concentrerebbe lo stress meccanico durante l'impianto di cotili non cementati. In presenza di una buona stabilità intraoperatoria, queste lesioni generalmente non richiedono trattamento e non sembrano compromettere la stabilità a lungo termine dell'impianto.

Al contrario, le fratture che interessano la parete mediale sono associate a un rischio più elevato di mobilizzazione della componente acetabolare e a una maggiore probabilità di revisione chirurgica nel tempo ^{8,9,15}.

DIAGNOSI

Il quadro clinico può comprendere dolore alla mobilizzazione dell'anca interessata o durante il carico, impotenza funzionale ed eventuale eterometria degli arti inferiori.

In assenza di un'anamnesi positiva per trauma maggiore e in presenza di traumi a bassa energia, assume particolare importanza la distinzione tra happy hip e unhappy hip. È fondamentale, infatti, ricostruire la storia clinica della protesi prima dell'evento traumatico, per stabilire se si trattasse di un impianto precedentemente ben funzionante oppure già sintomatico, ad esempio per osteolisi, mobilizzazione asettica o infezione.

Dal punto di vista diagnostico, l'iter iniziale prevede l'esecuzione di radiografie standard del bacino in proiezione antero-posteriore, associate alle proiezioni oblique di Judet (otturatoria ed alare), volte a valutare l'interessamento delle colonne acetabolari (Fig. 1).

Lo studio deve essere completato mediante tomografia computerizzata (TC) con tecniche di soppressione degli artefatti da metallo, indispensabile per un'accurata valutazione dell'integrità delle due colonne acetabolari, della morfologia della frattura e dell'eventuale presenza di osteolisi o perdita di sostanza ossea peri-acetabolare (Fig. 2).

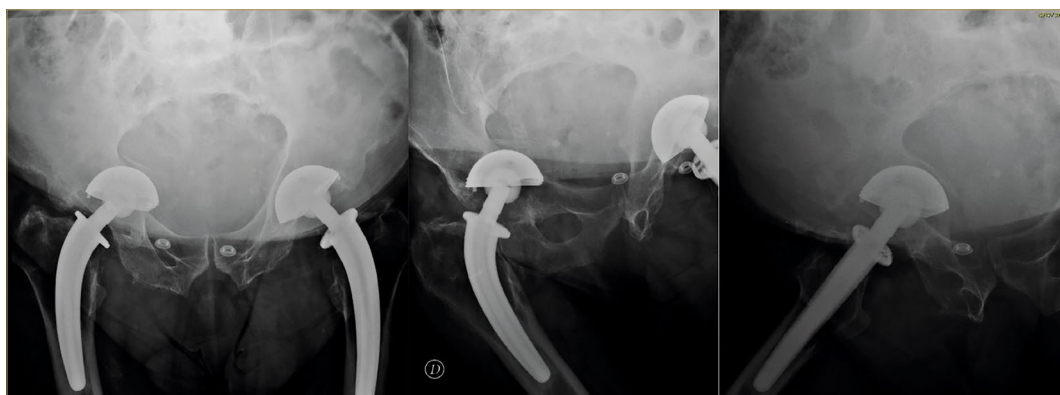


Figura 1. Radiografie del bacino in proiezione antero-posteriore e proiezioni oblique otturatoria ed alare.

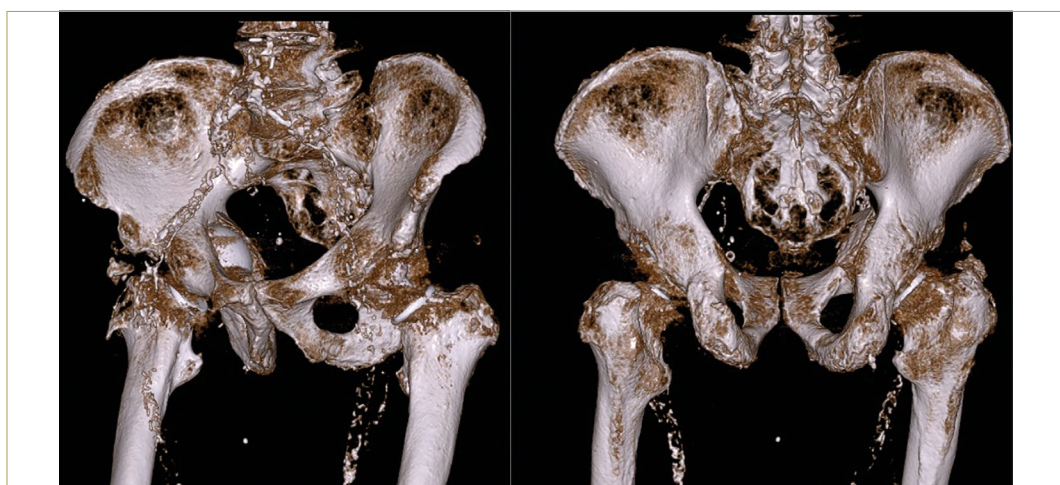


Figura 2. Tomografia assiale computerizzata (TC).



Figura 3. Angio-TC.

In fase acuta, l'angio-TC trova indicazione nei pazienti con instabilità emodinamica o significativa anemizzazione, in particolare se in terapia anticoagulante. Può inoltre essere utile anche in fase di pianificazione preoperatoria per valutare i rapporti tra la componente acetabolare e le strutture vascolari, soprattutto nei casi in cui la protesi o i frammenti di frattura risultino medializzati in sede intra-pelvica, oltre la linea di Köhler (Fig. 3).

CLASSIFICAZIONE

Una delle prime classificazioni proposte è quella di Peterson e Lewallen, che distingue le fratture in due categorie sulla base della stabilità dell'impianto: tipo 1 (impianto stabile) e tipo 2 (impianto instabile) ¹.

Attualmente, le fratture periprotetiche dell'acetabolo vengono classificate principalmente secondo la classificazione di Paprosky ², successivamente modificata da Della Valle ³, oppure mediante l'Unified Classification System (UCS) ⁴. La classificazione di Paprosky-Della Valle (2003) rappresenta il sistema più utilizzato, in quanto include sia le fratture intraoperatorie sia quelle postoperatorie e fornisce indicazioni utili per l'orientamento terapeutico.

Questa classificazione suddivide le fratture in cinque gruppi principali, a loro volta articolati in sottogruppi:

- **Tipo 1:** fratture intraoperatorie che si verificano durante l'impianto della componente acetabolare; vengono ulteriormente distinte in base al riconoscimento intraoperatorio, al grado di scomposizione e alla stabilità della coppa;
- **Tipo 2:** fratture intraoperatorie che si verificano durante la rimozione della componente; si distinguono in base all'entità della perdita di bone stock (maggiore o minore del 50%);
- **Tipo 3:** fratture traumatiche postopera-

torie, suddivise in funzione della stabilità della componente protesica;

- **Tipo 4:** fratture spontanee, generalmente associate a fenomeni di osteolisi, suddivise in base all'entità della perdita di bone stock;
- **Tipo 5:** fratture associate a discontinuità pelvica, anch'esse suddivise in relazione all'entità della perdita ossea.

Questa classificazione consente quindi non solo di inquadrare il tipo di frattura, ma anche di orientare la strategia chirurgica in funzione della stabilità dell'impianto e della qualità del tessuto osseo residuo ¹⁶.

L'UCS, proposto da Duncan e Haddad nel 2008, si integra con la classificazione AO/OTA e rappresenta un sistema unificato per l'inquadramento delle fratture periprotetiche. Questo approccio consente di descrivere sia il distretto anatomico coinvolto – IV per l'anca, 6 per l'acetabolo e 3 per il femore – sia la tipologia di frattura.

Le fratture vengono suddivise in diverse categorie:

- **Tipo A:** fratture apofisarie, extra-articolari o peri-articolari;
- **Tipo B:** fratture localizzate attorno all'impianto;
- **Tipo C:** fratture distanti dall'impianto;
- **Tipo D:** fratture interprotetiche, cioè comprese tra due impianti;
- **Tipo E:** fratture che coinvolgono entrambe le ossa che supportano una protesi totale;
- **Tipo F:** fratture che interessano un osso articolato con una protesi parziale.

Per quanto riguarda l'acetabolo, le fratture di tipo A comprendono le lesioni delle spine iliache antero-superiore e antero-inferiore, nonché quelle della tuberosità ischiatica. Le fratture di tipo B, localizzate attorno all'impianto, vengono ulteriormente suddivise in base alla stabilità della componente protesica e alla qualità ossea: possono infatti presentarsi con impianto stabile e buona qualità ossea, con mobilitazione dell'impianto ma

bone stock conservato, oppure con mobilitazione associata a scarsa qualità ossea, difetti ossei o discontinuità pelvica.

Le fratture di tipo C comprendono le lesioni pelviche o acetabolari distanti dalla protesi. Le fratture di tipo D si riferiscono a fratture pelviche in pazienti con protesi totale dell'anca bilaterale. Le fratture di tipo E indicano lesioni combinate che interessano sia l'acetabolo o la pelvi sia il femore, in presenza di una protesi totale dell'anca, mentre quelle di tipo F sono fratture dell'acetabolo che articola con un'endoprotesi femorale ¹⁷.

Davidson et al. hanno proposto una classificazione semplificata, articolata in tre tipologie di frattura, limitata tuttavia alle sole forme intraoperatorie ¹⁸.

Più recentemente, Pascarella et al. hanno introdotto un sistema classificativo più completo, in grado di orientare la pianificazione chirurgica sulla base di tre elementi fondamentali: il momento della diagnosi, la stabilità della componente acetabolare e le condizioni dell'artroprotesi prima dell'evento traumatico ⁷.

TRATTAMENTO

Data la relativa rarità di questa condizione, non esiste ancora in letteratura un consenso univoco sul trattamento; molte delle casistiche riportate negli studi condotti sull'argomento infatti, includono in modo eterogeneo sia fratture acute sia mobilizzazioni croniche dell'impianto.

Nel trattamento delle fratture periprotetiche dell'acetabolo, è essenziale una corretta identificazione e classificazione della lesione, unitamente a un'accurata valutazione della stabilità della componente protesica coinvolta.

I principi fondamentali del trattamento prevedono il ripristino della stabilità delle colonne acetabolari, in modo da sostenere adeguatamente la componente acetabolare ed evitare micromovimenti all'interfaccia osso-impianto (Fig. 4).

La stabilità della colonna posteriore rappresenta un elemento determinante per l'esito del trattamento. In uno studio di Laflamme et al. del 2015, la mancata consolidazione e la scomposizione secondaria sono risul-

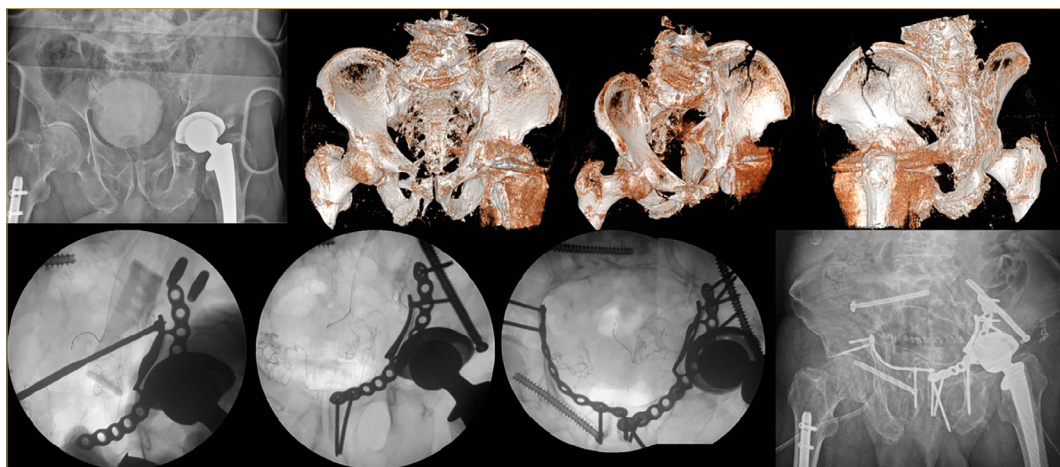


Figura 4. RX e TC preoperatorie e radiografie intra- e postoperatorie in frattura periprotetica traumatica post-operatoria con componente acetabolare stabile, trattata mediante l'utilizzo di placca buttress bloccata con viti e vite libera sovracetabolare.

tate strettamente correlate all'assenza di un'adeguata stabilizzazione della colonna posteriore ¹⁹.

In tale casistica, tutte le fratture a prevalente coinvolgimento della colonna anteriore hanno raggiunto la consolidazione, mentre le fratture associate a instabilità della colonna posteriore hanno mostrato un tasso di fallimento fino al 67%.

Nel complesso, le fratture periprotetiche acetabolari presentano maggiori possibilità di guarigione quando è garantita la stabilità della colonna posteriore. In presenza di frammenti di grandi dimensioni della parete posteriore, è indicata la stabilizzazione mediante placca e viti, al fine di favorire la stabilizzazione della frattura e consentire il mantenimento o ripristino di un'adeguata osteointegrazione dell'impianto ¹⁹.

Se le colonne, soprattutto quella posteriore, sono integre e stabili, anche in presenza di una componente protesica instabile o di scomposizione della frattura, può essere sufficiente l'impianto di un cotile da revisione fissato mediante viti, senza necessità di ricorrere all'osteosintesi con placche e viti. È inoltre indispensabile disporre di una quantità sufficiente di tessuto osseo, eventualmente ricorrendo a tecniche di ricostruzione o innesto, al fine di garantire un ancoraggio stabile dell'impianto ¹¹.

Le fratture composte identificate intraoperatoriamente, in presenza di una componente protesica acetabolare stabile, possono essere gestite conservativamente, adottando protocolli riabilitativi standard, come suggerito da Della Valle et al. ¹⁶. Tuttavia, nella pratica clinica si raccomanda frequentemente una stabilizzazione supplementare della coppa mediante viti, al fine di aumentare la tenuta primaria dell'impianto ⁵.

In presenza di una coppa acetabolare instabile associata a scomposizione della frattura, è indicato il trattamento chirurgico. Uno adeguato studio preoperatorio mediante TC dedicata e un'accurata pianificazione

chirurgica sono necessari per la comprensione del pattern di frattura, con particolare attenzione al coinvolgimento delle colonne acetabolari e alla presenza di un adeguato *bone stock*, nonché per individuare la strategia di trattamento più appropriata.

Nella maggior parte dei casi, le fratture non compromettono significativamente la stabilità delle colonne; ciò consente di valutarne intraoperatoriamente la tenuta e di procedere direttamente all'impianto di una componente acetabolare da revisione fissata mediante viti.

Nei quadri più complessi, soprattutto in presenza di interessamento della colonna posteriore, è invece necessario considerare la disponibilità di adeguati mezzi di sintesi, la possibilità di estendere la via di accesso chirurgica per eseguire agilmente la sintesi della frattura acetabolare, nonché l'esperienza del chirurgo nella gestione di tali procedure.

In questi casi, il trattamento prevede generalmente la stabilizzazione della colonna posteriore mediante placca e viti, associata all'impianto di una coppa acetabolare da revisione ¹¹.

Nel caso di fratture intraoperatorie misconosciute, il principale problema è rappresentato dal timing diagnostico, poiché la diagnosi viene spesso posta solo successivamente, in seguito alla comparsa di dolore al carico e all'esecuzione di radiografie di controllo.

Una volta identificata la frattura, è fondamentale impostare un accurato follow-up clinico e radiografico, finalizzato a riconoscere precocemente eventuali segni di scomposizione della frattura o migrazione della componente protesica acetabolare. In presenza di tali condizioni, la chirurgia di revisione rappresenta il trattamento di scelta ¹¹ (Figg. 5, 6).

In caso di evento traumatico acuto con frattura composta e componente acetabolare stabile, può essere indicato un trattamento



Figura 5. Radiografia e TC preoperatorie e controllo postoperatorio di frattura intraoperatoria con componente instabile e instabilità delle colonne acetabolari.

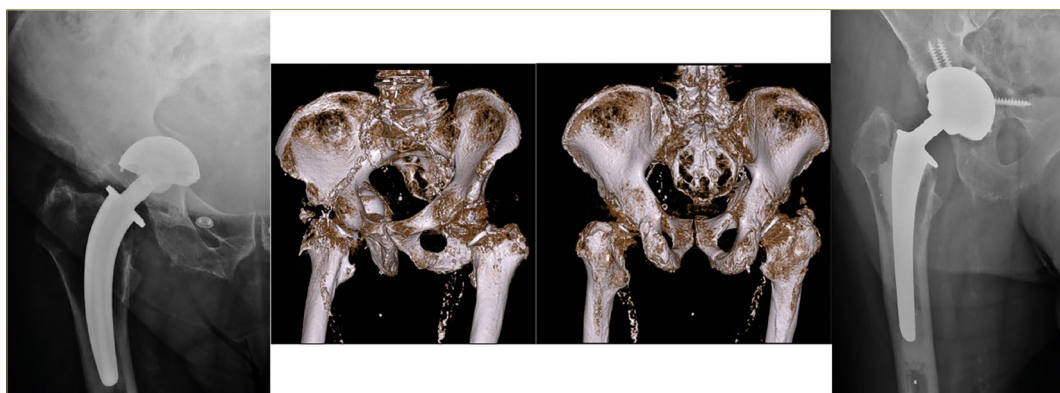


Figura 6. Radiografia e TC pre-operatoria e radiografia postoperatoria di frattura intraoperatoria con componente instabile e stabilità delle colonne.

conservativo, basato su un periodo di carico protetto e mobilizzazione assistita ¹.

In questi casi è comunque indispensabile un follow-up clinico e radiografico ravvicinato, con controlli seriati volti a escludere una mobilizzazione secondaria della componente protesica, che può verificarsi nel tempo anche in presenza di avvenuta consolidazione della frattura. In tale scenario, è possibile procedere successivamente a un intervento di revisione della componente acetabolare su un acetabolo ormai consolidato.

Qualora, invece, la frattura non mostri segni di guarigione, risulterà necessario ricorrere

a un trattamento chirurgico con osteosintesi associata a revisione della componente acetabolare.

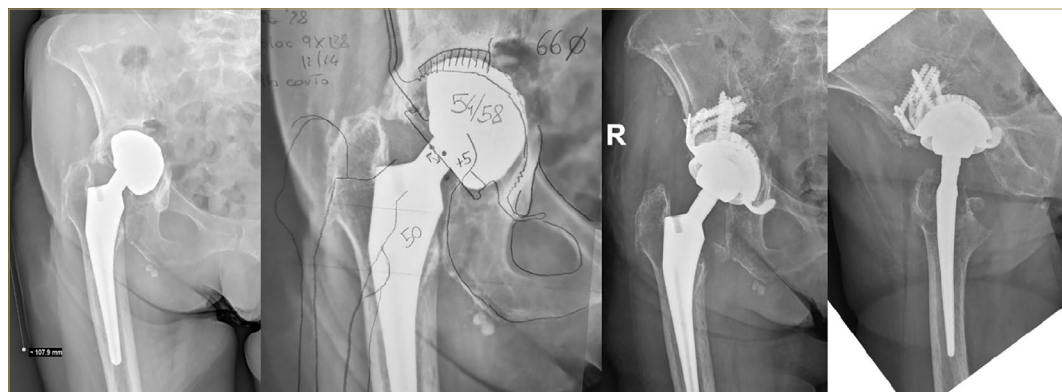
Nei casi caratterizzati da un pattern di frattura instabile e da una componente protesica instabile, il trattamento è chirurgico e prevede una riduzione e sintesi interna (Open Reduction and Internal Fixation, ORIF), generalmente con osteosintesi della colonna posteriore, associata all'impianto di una coppa di revisione ¹¹.

Il trattamento della discontinuità pelvica (DP) rappresenta ancora oggi una sfida complessa, per la quale esistono diverse opzioni terapeutiche e permane una certa

Rogers et al. hanno proposto un algoritmo terapeutico che distingue tra discontinuità pelvica acuta, di natura traumatica e generalmente mobile, e discontinuità cronica, caratterizzata da maggiore rigidità. Nelle forme acute, il trattamento segue i principi già descritti per le fratture traumatiche associate a instabilità dell'impianto, con ORIF associata a revisione della componente protesica. Nelle forme croniche, invece, viene raccomandata la ricostruzione mediante sistemi avanzati di tipo *cup-cage*²³. Nei casi acuti o cronici con buon potenziale di guarigione e perdita ossea limitata, è possibile ottenere la stabilizzazione mediante tecniche in compressione, supportate dall'utilizzo di placche sulla colonna posteriore, innesti ossei e impianto di una gabbia anti-protrusione oppure di una coppa di grande diametro (*jumbo cup*).

Nei quadri di massiva perdita ossea, la soluzione più frequentemente adottata è rappresentata dall'utilizzo di componenti trifrangiate o componenti custom-made^{20,24-26} (Fig. 7).

Per una corretta gestione è fondamentale uno studio preoperatorio accurato della frattura, che consenta un'adeguata pianificazione chirurgica. La complessità di queste lesioni richiede inoltre competenze specifiche sia nella chirurgia della pelvi sia nella chirurgia di revisione protesica dell'anca.



LE FRATTURE PERIPROTESICHE DI ACETABOLO: TRATTAMENTO

L'obiettivo principale del trattamento è il ripristino della stabilità delle colonne acetabolari, in particolare della colonna posteriore, al fine di garantire la stabilità della componente protesica. Questo aspetto rappresenta un fattore determinante per il successo del trattamento.

Un elemento dirimente nella scelta terapeutica è la stabilità della coppa acetabolare: in presenza di instabilità della componente protesica è indicato un trattamento chirurgico precoce, poiché un eventuale ritardo può comportare un peggioramento del quadro e rendere la gestione più complessa.

Bibliografia

- ¹ Peterson CA, Lewallen DG. Periprosthetic fracture of the acetabulum after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78(8):1206-13. <https://doi.org/10.2106/00004623-199608000-00011>
- ² Paprosky WG, Perona PG, Lawrence JM. Acetabular defect classification and surgical reconstruction in revision arthroplasty: a 6-year follow-up evaluation. *J Arthroplasty.* 1994;9:33-44. [https://doi.org/10.1016/0883-5403\(94\)90135-x](https://doi.org/10.1016/0883-5403(94)90135-x)
- ³ Della Valle CJ, Momberger NG, Paprosky WG. Periprosthetic fractures of the acetabulum associated with a total hip arthroplasty. *Instructional Course Lectures.* 2003;52:281-290.
- ⁴ Duncan CP, Haddad FS. The Unified Classification System (UCS): improving our understanding of periprosthetic fractures. *Bone Joint J.* 2014;96-B(6):713-6. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B6.34040>
- ⁵ Benazzo F, Formagnana M, Bargagliotti M, et al. Periprosthetic acetabular fractures. *Int Orthop.* 2015;39(10):1959-63. <https://doi.org/10.1007/s00264-015-2971-8>
- ⁶ Bozic KJ, Kurtz SM, Lau E, et al. The epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(1):128-33. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00155>
- ⁷ Pascarella R, Sangiovanni P, Cerbasi S, et al. Periprosthetic acetabular fractures: a new classification proposal. *Injury.* 2018;49 Suppl 3:S65-S73. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.09.061>
- ⁸ Hasegawa K, Kabata T, Kajino Y, et al. Periprosthetic Occult Fractures of the Acetabulum Occur Frequently During Primary THA. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(2):484-494. <https://doi.org/10.1007/s11999-016-5138-z>
- ⁹ Yun HH, Cheon SH, Im JT, et al. Periprosthetic occult acetabular fracture: an unknown side effect of press-fit techniques in primary cementless total hip arthroplasty. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2021;31(7):1411-1419. <https://doi.org/10.1007/s00590-021-02894-5>
- ¹⁰ Haidukewych GJ, Jacofsky DJ, Hanssen AD, et al. Intraoperative fractures of the acetabulum during primary total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2006 Sep;88(9):1952-6. <https://doi.org/10.2106/JBJS.E.00890>
- ¹¹ Patsiogiannis N, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Periprosthetic hip fractures: an update into their management and clinical outcomes. *Review EFORT Open Rev.* 2021;6(1):75-92. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.200050>
- ¹² Pierce TP, Cherian JJ, Jauregui JJ, et al. Outcomes of post-operative periprosthetic acetabular fracture around total hip arthroplasty. *Expert Rev Med Devices.* 2015;12(3):307-15. <https://doi.org/10.1586/17434440.2015.991313>
- ¹³ Springer BD, Berry DJ, Cabanela ME, et al. Early postoperative transverse pelvic fracture: a new complication related to revision arthroplasty with an uncemented cup. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(12):2626-2631. <https://doi.org/10.2106/JBJS.E.00088>
- ¹⁴ Sunilkumar PD, Kwang-Jun Oh, Hyun-Woo Cho, et al. Monolithic dual mobility cup total hip arthroplasty has high complication rates with surgical fixation in elderly with femur neck fracture. *J Arthroplasty.* 2020;35(12):3621-3626. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.06.091>
- ¹⁵ Dammerer D, Putzer D, Glodny B, et al. Occult intra-operative periprosthetic fractures of the acetabulum may affect implant survival. *Int Orthop.* 2019;43(7):1583-1590. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-4084-7>
- ¹⁶ Della Valle CJ, Momberger NG, Paprosky WG. Periprosthetic fractures of the acetab-

- ulum associated with a total hip arthroplasty. Instr Course Lect. 2003;52:281-90.
- 17 Unified Classification System for Periprosthetic Fractures (UCPF) _ AOTA Compendium 2008.
 - 18 Davidson D, Pike J, Garbuz D, et al. Intraoperative periprosthetic fractures during total hip arthroplasty: evaluation and management. J Bone Joint Surg Am. 2008;90:2000-2012. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00331>
 - 19 Laflamme G-Y, Belzile EL, Fernandes JC, et al. Periprosthetic fractures of the acetabulum during cup insertion: posterior column stability is crucial. J Arthroplasty. 2015;30(2):265-9. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2014.09.013>
 - 20 Tsiridis E. The adult hip: master case series and techniques. Cham: Springer International Publishing, 2018.
 - 21 Paprosky WG, O'Rourke M, Sporer SM. The treatment of acetabular bone defects with an associated pelvic discontinuity. Clin Orthop Relat Res. 2005;441:216-20. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000194311.20901.f9>
 - 22 Paprosky W, Sporer S, O'Rourke MR. The treatment of pelvic discontinuity with acetabular cages. Clin Orthop Relat Res. 2006;453:183-7. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000246530.52253.7b>
 - 23 Rogers BA, Whittingham-Jones PM, Mitchell PA, et al. The reconstruction of periprosthetic pelvic discontinuity. J Arthroplasty. 2012;27:1499-1506. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2011.12.017>.
 - 24 Abdelnasser MK, Klenke FM, Whitlock P, et al. Management of pelvic discontinuity in revision total hip arthroplasty: a review of the literature. Hip Int. 2015;25:120-126. <https://doi.org/10.5301/hipint.5000201>
 - 25 Sporer SM, Bottros JJ, Hulst JB, et al. Acetabular distraction: an alternative for severe defects with chronic pelvic discontinuity? Clin Orthop Relat Res. 2012;470(11):3156-63. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2514-1>
 - 26 Schwarzkopf R, Ihn HE, Ries MD. Pelvic discontinuity: modern techniques and outcomes for treating pelvic disassociation. Hip Int. 2015;25:368-374. <https://doi.org/10.5301/hipint.5000270>

ARTO INFERIORE: ANCA

La sintesi nelle fratture periprotetichesiche: quando e come

Fabio D'Angelo^{1,2}, Marco Puricelli², Marco De Pietri²

¹ Dipartimento di Biotecnologie e Scienze della Vita, Università dell'Insubria, Varese; ² UOC di Ortopedia e Traumatologia, Ospedale di Circolo, ASST Sette Laghi, Varese

INTRODUZIONE

Le fratture periprotetichesiche del femore (Periprosthetic Femoral Fractures, PFF) costituiscono una delle principali cause di revisione dopo artroplastica dell'anca, con un'incidenza compresa tra 6,6% e 18%. La loro frequenza è in aumento nel tempo, verosimilmente in relazione alla crescita del numero di interventi di artroplastica totale dell'anca e all'incremento dell'aspettativa di vita. È stato inoltre stimato che l'incidenza possa aumentare fino a 4,6% per decennio, raggiungendo un'incidenza cumulativa prossima al 5%.

Oltre ai fattori demografici, la maggiore diffusione di protesi in soggetti relativamente più giovani, con aspettative funzionali più elevate, contribuisce ulteriormente all'incremento del rischio di frattura.

Sul piano clinico, le PFF si associano a una prognosi sfavorevole, con impatto rilevante su mortalità, disabilità e costi assistenziali. In letteratura la mortalità può raggiungere valori fino all'11% entro un anno dal trattamento chirurgico.

Secondo dati del Registro nazionale svedese, le PFF rappresentano la terza causa di chirurgia di revisione, dopo infezione e lussazione.

Dal punto di vista terapeutico le fratture periprotetichesiche costituiscono per il chirurgo una sfida sia per quanto riguarda la scelta

tra la sintesi della frattura con il mantenimento dell'impianto e la ri protesizzazione.

CLASSIFICAZIONI

Una corretta gestione delle fratture periprotetichesiche richiede una classificazione condivisa, poiché influenza: le opzioni terapeutiche, la pianificazione chirurgica, la comparabilità dei risultati tra centri.

Facendo riferimento a quanto trattato nei capitoli precedenti il punto di partenza per ogni decisione terapeutica è costituito dalle classificazioni di Vancouver e dallo Unified Classification System (UCS).

La classificazione di Vancouver suddivide le fratture periprotetichesiche in:

- **Tipo A:** fratture nella regione intertrocanterica, con stelo considerato stabile.
- **Tipo B:** fratture diafisarie intorno o appena sotto lo stelo; lo stelo può essere stabile o instabile a seconda del sottotipo.
 - **B1:** stelo stabile;
 - **B2:** stelo mobile;
 - **B3:** stelo mobile con perdita ossea sostanziale.
- **Tipo C:** fratture distali allo stelo, che è considerato stabile

Lo UCS pone l'accento non solo sulla sede, ma anche sull'interazione tra l'impianto e

l'osso, identificando nuovi pattern morfologici.

L'UCS introduce pertanto i seguenti modificatori:

- D: frattura interprotesica;
- E: fratture di due ossa che supportano una protesi;
- F: frattura di osso non sostituito ma articolata con una protesi.

INDICAZIONI ALLA SINTESI E MODALITÀ

Le fratture periprotetiche non rappresentano un'unica malattia, ma un continuum biologico e biomeccanico. Come già accennato in precedenza la classificazione di Vancouver consente di stratificare il problema in termini di stabilità dello stelo, disponibilità ossea, necessità di revisionare o preservare la componente femorale ¹.

Secondo gli autori della classificazione di Vancouver, le fratture di tipo A possono essere trattate in modo non chirurgico o chirurgico, a seconda della stabilità della frattura; per il tipo B1 il trattamento raccomandato è la riduzione a cielo aperto e fissazione interna (Open Reduction and Internal Fixation, ORIF); per il tipo B2, si raccomanda la sostituzione protesica con uno stelo più lungo; le fratture di tipo B3 generalmente richiedono la sostituzione con ricostruzioni più complesse e un impianto. Il trattamento raccomandato per il tipo C è la tecnica ORIF.

Nelle fratture periprotetiche del femore di tipo B2, la stabilità dell'artroplastica è compromessa e la quantità di tessuto osseo è adeguata. In generale, l'artroplastica di revisione con stelo lungo, da sola o integrata da placca e/o fissazione con innesto osseo, è ampiamente considerata la soluzione più efficace.

Tuttavia, la scelta terapeutica non può basarsi sulla sola classificazione: intervengo-

no fattori del paziente (comorbidità, fragilità, rischio infettivo, capacità di guarigione) e fattori della frattura (estensione, configurazione, possibilità di ottenere stabilità costruttiva). In tal senso recenti reviews ^{1,2}, basandosi sull'osservazione dell'elevata mortalità di circa il 15-20% nel primo anno dopo l'evento traumatico nei pazienti anziani e fragili e la sovrapponibilità dei risultati tra sintesi e revisione, introducono la necessità di un approccio terapeutico alle fratture periprotetiche più "conservativo". Sebbene il protocollo standard per le fratture Vancouver B2 preveda la revisione dello stelo, si evidenzia un'importante eccezione basata sul profilo del paziente. In pazienti definiti "Frail" (fragili), ovvero anziani con numerose comorbidità (CCI $\geq$ 5), elevato rischio anestesilogico (ASA $\geq$ 3) e bassa richiesta funzionale, la revisione protesica può risultare un intervento troppo aggressivo. In questi casi selezionati, l'algoritmo decisionale suggerisce che la sintesi (ORIF) con placche a stabilità angolare (LCP) può essere considerata un'opzione valida. Sebbene biomeccanicamente meno ideale di una revisione, l'ORIF è una procedura più rapida, meno invasiva e con minori perdite ematiche, permettendo una mobilitazione precoce in un paziente che altrimenti non sopravviverebbe a un intervento maggiore.

TECNICHE DI OSTEOSINTESI

L'osteosintesi di una frattura periprotetica con stelo stabile richiede la creazione di un costruito meccanicamente idoneo a contrastare le forze di compressione assiale, torsione e flessione ³ che agiscono sul femore durante le attività quotidiane. La presenza dello stelo metallico o del mantello di cemento all'interno del canale midollare riduce drasticamente lo spazio disponibile per il posizionamento di mezzi di sintesi tradizionali, limitando la possibilità di inserire viti bicorticali standard nel segmento pros-

simile. Per superare questo limite biologico e ingegneristico, il chirurgo deve selezionare accuratamente i dispositivi di ancoraggio in base al loro profilo biomeccanico.

Elemento fondamentale nelle sintesi è l'utilizzo di placche dedicate con la possibilità di utilizzare viti a stabilità angolare, eccentriche e non, e cerchiaggi sia di lavoro che solidali alla placca.

Fondamentale nell'uso delle placche è il rispetto delle regole dell'osteosintesi:

- riduzione della frattura con ripristino di lunghezza, asse e rotazione;
- configurazione della sintesi: placca anatomica in compressione oppure *bridging plate* in caso di pluriframmentazione;
- scelta della lunghezza della placca: 2/3 volte la lunghezza del sito di frattura nelle fratture complesse, 8-10 nelle fratture semplici. Risulta sempre necessario considerare la *working lenght* del mezzo di sintesi in termini di distanza tra i punti di fissazione più vicini al focolaio di frattura. Questo parametro influenza la rigidità del costruito: una *working lenght* corta porta ad un costruito rigido, è utilizzata per ottenere una stabilità assoluta ed una guarigione ossea primaria ove il pattern di frattura lo consenta. Viceversa, una *working lenght* lunga aumenta la flessibilità del costruito e distribuisce lo stress su

un segmento di placca più ampio, risultando utile laddove si utilizzino placche a ponte e si cerchi una guarigione ossea secondaria.

L'analisi comparativa delle diverse opzioni di fissazione evidenzia come l'efficacia dipenda strettamente dal tipo di ancoraggio intorno allo stelo ^{4,5}. Le viti non bloccate (*non-locking screws*) e i cerchiaggi (*cables*) offrono una resistenza limitata, in particolare verso le forze di flessione. Al contrario, le viti bloccate (*locking screws*), specialmente nella configurazione bicorticale, mostrano una superiorità biomeccanica statisticamente significativa in tutti i piani di carico, fornendo il massimo grado di stabilità rispetto alle opzioni unicorticali o ai soli cerchiaggi (Tab. I).

Una soluzione tecnica rilevante è l'utilizzo di viti posizionate in modo eccentrico rispetto allo stelo. Questa tecnica permette il raggiungimento di una fissazione bicorticale "tangenziale", aggirando l'ostacolo rappresentato dalla protesi. La possibilità di un orientamento poli-assiale (fino a 30°) ottimizza ulteriormente il posizionamento dei mezzi di sintesi.

L'impiego di placche tipo LAP (Locking Attachment Plate) con viti bicorticali eccentriche è stato oggetto di studi *in vitro*. Rispetto alla combinazione di cerchiaggi e viti monocorticali, la configurazione LAP con viti bicorticali garantisce una stabilità superio-

Tabella I. Opzioni di fissazione.

	Viti corticali standard	Viti a stabilità Monocorticali	Viti a stabilità Bicorticali	Cerchiaggi
Compressione assiale	* * *	* *	* * * * *	*
Forze di torsione	* * *	* *	* * * * *	*
Forze di flessione	* *	* *	* * *	* * *

re nei test di *medial bending*, *antero-posterior bending*, *axial translation*. Al contrario i singoli cerchiaggi falliscono nel contrastare efficacemente lo scivolamento assiale (*axial slipping*) e la flessione antero-posteriore.

La letteratura conferma che la fissazione bloccata bicorticale tangenziale migliora drasticamente la stabilità nelle fratture di tipo Vancouver B1. In studi di laboratorio su femori cementati, questa tecnica ha dimostrato una resistenza alle forze assiali e torsionali superiore a qualsiasi configurazione monocorticale o basata su soli cerchiaggi⁶. Clinicamente, l'utilizzo di placche con viti eccentriche ha riportato tassi di guarigione estremamente elevati (95% a un anno) sia in protesi cementate che non cementate, con una sopravvivenza dello stelo (assenza di affossamento) pari al 65% a 5 anni dalla sintesi.

Un punto critico nell'uso delle viti risiede nel posizionamento nelle protesi cementate. Nell'approccio alla sintesi su steli cementati bisogna considerare il tipo di impianto: *taper slim* o *french paradox*. Il primo è caratterizzato da uno stelo conico liscio inserito in un mantello di cemento con spessore di 2/3 mm, il secondo da uno stelo retto/rettangolare inserito in un mantello molto sottile dallo spessore inferiore a 1 mm. I due sistemi si comportano diversamente alla perforazione. Negli steli *taper slim* la presenza di un mantello di cemento spesso permette l'inserimento di viti bicorticali. Alcuni studi *in vitro* suggeriscono che le viti bicorticali possano però causare crepe evidenti nel cemento con alterazione del meccanismo di fissazione dello stelo. Gli steli *french paradox* hanno un minore rischio di frattura del cemento ma lo spazio libero per l'inserimento di viti bicorticali è molto ridotto e costringe all'uso di viti monocorticali o viti poliassiali per cercare la fissazione sulle corticali periferiche. Tuttavia, le viti monocorticali presentano un rischio significativamente maggiore di pull-out a causa della

minore resistenza agli stress meccanici⁷. Ricerche più recenti indicano però che è possibile fresare il cemento senza compromettere la stabilità dello stelo, a patto che non si verifichino migrazioni significative o formazione di crepe massive. Studi su campioni bovini e umani dimostrano che un adeguato raffreddamento durante la fase di drill è fondamentale per preservare l'integrità termoplastica del polimetilmetacrilato (PMMA), evitando danni permanenti al mantello⁸.

La fissazione bicorticale tangenziale tramite viti eccentriche bloccate e placche dedicate rappresenta attualmente il gold standard biomeccanico per la sintesi delle fratture periprotetichiche di femore. Alle prove biomeccaniche il locked plating costituisce il costrutto più rigido con il punto di carico di rottura più elevato. Sebbene la perforazione del cemento richieda precisione tecnica (raffreddamento e controllo della direzione), i benefici in termini di stabilità primaria e riduzione del rischio di fallimento della sintesi superano i potenziali rischi biologici e strutturali legati alla perforazione del mantello⁹.

L'osteosintesi con placche ortogonali è stata proposta anche come strategia di fissazione per le fratture periprotetichiche². Nel trattamento delle fratture diafisarie, con elevati stress sulla corticale esterna, l'utilizzo di una placca da 3,5 mm posizionata a 90 gradi rispetto a una placca laterale da 4,5 mm fornisce una fissazione di lavoro stabile mediante l'utilizzo di viti interframmentarie. Inoltre, la placca da 3,5 mm può minimizzare il potenziale effetto deformante della rigida placca da 4,5 mm applicata lateralmente. Queste placche possono solitamente essere applicate anteriormente o posterolateralmente (a seconda delle esigenze della frattura) senza aggiungere molta esposizione rispetto a quella necessaria per applicare la placca laterale standard da 4,5 mm. A seconda della forma dello stelo femorale,

le placche da 3,5 mm posizionate anteriormente possono offrire ulteriori opzioni di fissazione bicorticale al di sopra della frattura, limitando la necessità di sistemi a cerchiaggio meno stabili.

L'uso di sistemi a cerchiaggio, nonostante la minore stabilità rispetto alle viti, ha tutt'oggi ancora un ampio spazio.

L'utilizzo di cerchiaggi ha valenza doppia: possono essere usati sia come strumenti di lavoro che come strumenti di fissazione definitiva (Fig. 1A).

Nelle tecniche moderne di osteosintesi, l'uso di un cerchiaggio provvisorio, definito "cerchiaggio di lavoro" (*working cerclage*), rappresenta una risorsa tecnica fondamentale. Questa procedura prevede l'applicazione di un singolo anello di cerchiaggio percutaneo o mini-invasivo volto a ricondurre i frammenti principali a un contatto anatomico stabile prima del posizionamento

della placca definitiva (Fig. 1B). Il cerchiaggio di lavoro semplifica le manovre di sintesi, stabilizza temporaneamente il femore prevenendo ritorzioni intraoperatorie e consente di applicare la placca in condizioni di riduzione ottimale.

La guarigione di una frattura periprotetica è un processo multifattoriale in cui la stabilità meccanica deve integrarsi con la preservazione della vascolarizzazione ossea locale. L'approccio chirurgico tradizionale a cielo aperto, pur consentendo una riduzione anatomica diretta, comporta un esteso scollamento muscolare e periostale, con il rischio di devascularizzare i frammenti ossei e indurre fenomeni di non-unione, infezione o ritardo di consolidazione. Storicamente l'uso dei cerchiaggi è stato criticato per il rischio teorico di "strangolamento" vascolare del periostio, dovuto alla pressione circonferenziale esercitata sul

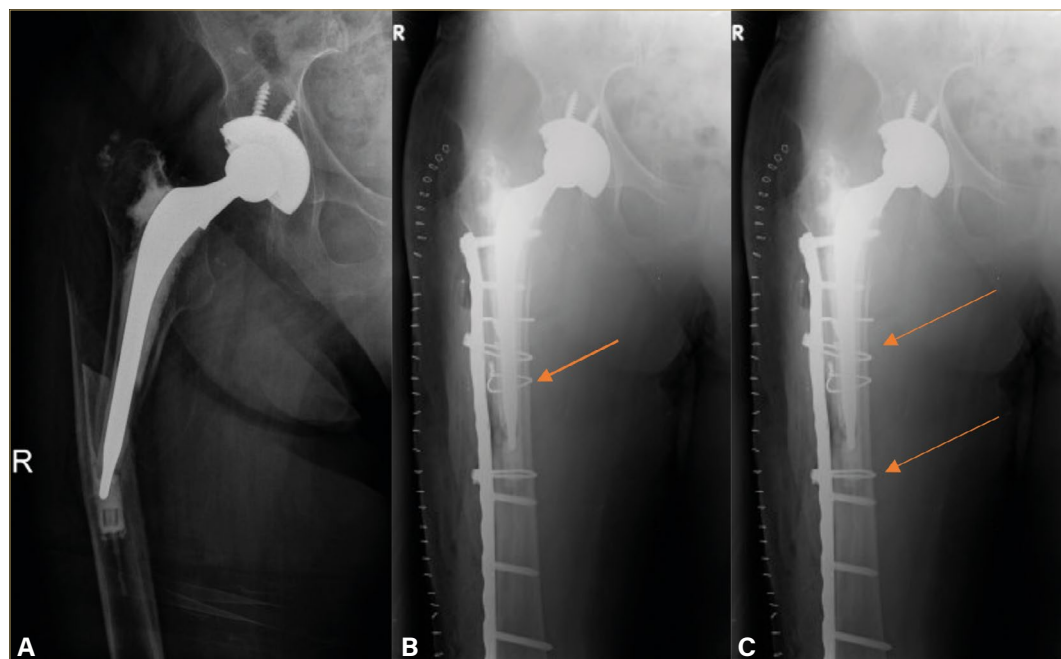


Figura 1. A) frattura periprotetica Vancouver B1 su stelo cementato, B) sintesi con placca, la freccia indica l'utilizzo del cerchiaggio di lavoro, C) sintesi con placca, le frecce indicano i cerchiaggi di sintesi.

guscio corticale. Tuttavia, studi micro-tomografici e biomeccanici ex vivo condotti da Lenz ¹⁰ hanno ridefinito questo concetto. Analizzando l'interfaccia di contatto tra il cavo di cerchiaggio e la superficie ossea corticale, è stato dimostrato che la vascolarizzazione periostale risulta preservata. Questo fenomeno biologico è riconducibile alla geometria microscopica della superficie ossea: la corteccia femorale presenta irregolarità strutturali che impediscono un contatto continuo su tutto il perimetro della sezione trasversale. Il cavo metallico tocca l'osso solo in corrispondenza di creste o eminenze corticali distinte, lasciando ampi spazi microscopici sottostanti dove il flusso sanguigno periostale e i vasi longitudinali microscopici continuano a perfondere il tessuto osseo diafisario. I cerchiaggi si confermano pertanto dispositivi biologicamente sicuri ed estremamente utili per il mantenimento della riduzione della frattura. I cerchiaggi sono anche utilizzati come strumenti di fissazione in combinazione con le placche laddove non risultano impiantabili viti bicorticali (Fig. 1C). L'integrazione dei cerchiaggi sulla placca aiuta a prevenire la rotazione della placca stessa e favorisce il mantenimento della riduzione della frattura. Nonostante in passato venisse attribuita al cerchiaggio una potenziale dannosità per la vascolarizzazione corticale, lo studio di Lenz sottolinea che il contatto tra cerchiaggio e osso dipende dalla geometria della sezione ossea e, se applicato correttamente, il cerchiaggio conserva la vascolarizzazione periostale. Il riassorbimento osseo osservato "sotto il cerchiaggio" è spesso dovuto all'instabilità (micromovimenti) piuttosto che a un danno vascolare diretto. Ebraheim ¹¹ osserva come, dal punto di vista degli outcome, l'aggiunta di cerchiaggi metallici sulla placca non alteri il tasso di guarigione delle fratture che risulta sovrapponibile all'uso della sola placca con viti. È possibile utilizzare cerchiaggi sulla plac-

ca anche in sostituzione delle viti prossimali in casi di steli protesici stabili, ottenendo risultati di guarigione analoghi ¹². L'impiego di cerchiaggi al posto delle viti prossimali permette di preservare l'integrità del canale femorale. Questa "scorta" di osso integro è fondamentale in vista di eventuali futuri interventi di revisione della protesi.

Dal punto di vista tecnico, inoltre, uno studio biomeccanico ¹³ su cadavere focalizzato sulle fratture intraoperatorie ha analizzato la configurazione ideale per la fissazione: sebbene siano state testate diverse configurazioni (2 vs 3 cerchiaggi), lo studio conclude che due cerchiaggi sono sufficienti per garantire una stabilità adeguata.

Dal punto di vista dei materiali tradizionalmente i cerchiaggi venivano eseguiti con fili monofilamento o cavi multifilo intrecciati in acciaio inossidabile o leghe di cobalto-cromo (CoCr). Sebbene rigidi nell'immediato, i cavi metallici presentano gravi svantaggi a lungo termine:

- Perdita di tensione: sotto carichi ciclici, i metalli subiscono una deformazione plastica che, associata al micro-riassorbimento osseo al di sotto del cavo, riduce rapidamente la tensione iniziale, compromettendo la compressione interframmentaria.
- Rilascio di detriti metallici: lo sfregamento microscopico (fretting) tra i filamenti metallici o tra il cavo e le asole della placca genera un rilascio massivo di particelle metalliche abrasive microscopiche. Questi detriti stimolano una reazione infiammatoria da corpo estraneo, accelerando l'osteolisi periprotetica e migrando nelle articolazioni artificiali adiacenti con conseguente usura da terzo corpo.
- Infortuni biologici in sala operatoria: la manipolazione e il taglio di cavi metallici espongono a estremità acuminate che possono lacerare i guanti sterili del chirurgo, determinando un rischio concreto di infortunio biologico per puntura.

Per rispondere a queste criticità, la bioingegneria ha sviluppato sistemi di cerchiaggio polimerici iso-elastici non metallici, realizzati con un'anima di nylon rivestita da fibre intrecciate in polietilene ad altissimo peso molecolare (UHMWPE) e serrati mediante un sistema di chiusura a cricchetto in lega di titanio privo di "crimp" metallici.

Gli studi biomeccanici¹⁴ condotti su cadavere hanno dimostrato che i cerchiaggi in polimero offrono una stabilità equivalente a quella dei sistemi in acciaio inossidabile nel prevenire lo spostamento verticale della frattura e la subsidenza dello stelo protesico, sia sotto carichi ciclici da fatica, sia sotto sollecitazioni massimali. La superiorità dei cerchiaggi polimerici risiede nella loro proprietà "iso-elastica": il modulo elastico del polimero simula le caratteristiche dei tessuti legamentosi biologici, consentendo al cerchiaggio di mantenere una compressione dinamica attiva e costante sul focolaio di frattura anche in presenza di micro-riassorbimento osseo superficiale, assecondando le micro-deformazioni fisiologiche del femore sotto carico ed eliminando il rilascio di particelle metalliche.

Come già osservato in precedenza, la ricerca della stabilità della sintesi costituisce il requisito fondamentale per la guarigione. L'analisi dei fallimenti meccanici evidenzia come costrutti non stabili portano a scomposizioni secondarie, non permettono carichi precoci e portano a pseudoartrosi. D'altra parte, la rottura della placca o delle viti è spesso correlata ad un eccessivo stress su un costrutto troppo rigido e alla mancata guarigione biologica. Un aspetto critico discusso è la qualità dell'osso corticale intorno allo stelo, spesso paragonato a un "vaso vuoto" a causa del riassorbimento endostale. L'applicazione di placche estremamente rigide può accentuare lo *stress shielding*, portando a un ulteriore indebolimento della corticale. L'uso di viti eccentriche che impegnano la corticale in modo tangenziale

permette di distribuire meglio il carico, riducendo le zone di scarico e preservando la densità minerale nel tempo.

Nelle fratture caratterizzate da un marcato deficit strutturale dell'osso ospite (ad esempio in pazienti affetti da osteoporosi severa, osteolisi periprotetica massiva o comminazione complessa di tipo B1, B3 e C), l'utilizzo isolato di placche metalliche espone a un elevato rischio di fallimento meccanico. In questi scenari clinici, l'applicazione di innesti ossei corticali massivi a stecca (*cortical strut allografts*), solitamente derivati da tibia o femore di donatore e conservati a bassissime temperature, rappresenta un'opzione terapeutica di straordinaria efficacia biologica e meccanica^{3,15}.

Sotto il profilo meccanico, lo "strut" corticale agisce come una placca biologica aggiuntiva. Posizionato tipicamente sulla corticale antero-mediale o mediale (in opposizione alla placca metallica bloccata applicata lateralmente), lo "strut" stabilizza la colonna di carico mediale del femore, neutralizzando le forze di compressione ed eliminando lo stress da flessione ciclica che grava sulla placca laterale. Questo posizionamento previene la deformazione in varo del femore e il conseguente fallimento dei mezzi di sintesi. Sotto il profilo biologico, lo "strut" *allograft* è un materiale osteoconduttivo: esso funge da impalcatura tridimensionale che viene progressivamente invasa dalle cellule osteoprogenitrici dell'ospite e rivascolarizzata, portando nel medio-lungo termine alla parziale incorporazione e alla rigenerazione del patrimonio osseo corticale del paziente.

Gli studi comparativi documentano l'eccellente efficacia di questa tecnica: l'aggiunta di uno "strut" corticale alle placche bloccate riduce significativamente il tasso di fallimento chirurgico rispetto all'utilizzo della sola placca, garantendo percentuali di unione vicine al 93,3% con un tempo medio di consolidazione radiografica di circa sei

mesi. L'incorporazione completa con arrotondamento e fusione dei margini corticali dell'innesto (*cortical round-off*) si completa a una media di dodici mesi postoperatori. La tecnica prevede l'applicazione dello "strut" sulla superficie ossea ospite opportunamente preparata tramite decorticazione biologica: durante lo sbrigliamento dei tessuti molli, è fondamentale preservare il periostio e la vascolarizzazione dell'osso ospite. Una decorticazione eccessiva favorisce la non-unione della frattura. Il graft deve essere preferibilmente privato di parti molli residue ma mantenuto stabile per permettere ai vasi ossei del paziente di colonizzarlo.

Per garantire un'adeguata stabilità, lo "strut" deve superare la rima di frattura sia prossimalmente che distalmente, venendo fissato con almeno due anelli di cerchiaggio ad alta tensione per ciascun frammento osseo principale.

Le configurazioni principali sono due:

1. Graft isolato con cerchiaggi: indicato quando lo stelo protesico occupa interamente il canale midollare impedendo l'uso di viti. Si posiziona la stecca corticale sulla frattura fissandola con cavi metallici o in polietilene ad alta resistenza (*cable-cerclage*).
2. Configurazione combinata (placca + graft): È la configurazione meccanicamente più rigida (*Construct gold standard*). La placca metallica (spesso a stabilità angolare) viene posizionata su un lato del femore (es. laterale), mentre il graft strutturale viene posizionato sul lato opposto (es. anteriore o mediale), creando un sistema di bloccaggio bidirezionale.

Nonostante l'eccellente supporto, la metodica non è priva di criticità che il chirurgo deve considerare. L'*allograft* è un tessuto devascolarizzato e, come ogni corpo estraneo biologico, aumenta teoricamente il rischio di colonizzazione batterica e infe-

zione periprotetica¹⁶. Il processo biologico di incorporazione è lento e, fino a quando non è completato, il costrutto si affida solo alla tenuta meccanica dei cerchiaggi. Dal punto di vista logistico, infine, l'uso di *allograft* richiede la disponibilità immediata di una Banca del Tessuto Osseo e procedure di scongelamento e modellamento che allungano i tempi operatori.

L'utilizzo dei graft strutturali corticali onlay rappresenta una strategia di salvataggio di altissimo livello nelle fratture periprotetiche su osso fragile. L'evidenza clinica dimostra che l'associazione di una sintesi rigida meccanica (placca) e di un supporto biologico (graft) riduce drasticamente i tassi di non-unione (*pseudoartrosi*) e di fallimento dell'impianto rispetto alla sola fissazione metallica.

L'accurata selezione del paziente, il rispetto della biologia locale e l'applicazione di un'adeguata tensione dei cerchiaggi rimangono i fattori cardine per il successo a lungo termine di questa complessa procedura chirurgica.

CONCLUSIONI

L'osteosintesi nelle fratture periprotetiche costituisce il cardine del trattamento nel caso di impianti stabili e laddove, pur in presenza di impianti non stabili, il paziente non risulta "fit" per un più invasivo trattamento di revisione. Le opzioni tecniche oggi a disposizione sono numerose e valide pur se applicate nel rispetto delle regole base dell'osteosintesi.

Bibliografia

- ¹ Di Martino A, Brunello M, Villari E. Stem revision vs Internal fixation in Vancouver B2/B3 periprosthetic hip fracture: systematic review and metanalysis. *Acta Orthop Trauma Surg* 2024;144:3787-3796. <https://doi.org/10.1007/s00402-024-05469-1>

- ² Gonzalez-Martin D, Pais-Brito JL, Gonzalez-Casamayor S, et al. Treatment Algorithm in Vancouver B2 periprosthetic Hip Fractures: Osteosynthesis vs Revision Arthroplasty. *EFORT Open Rev* 2022;7:533-541. <https://doi.org/10.1530/EOR-21-0129>
- ³ Gausden EB, Wellman DS Biomechanics of Periprosthetic Fixation: Plates, Nails, Cables and Allografts. *J Orthop Trauma* 2019;33:81-84. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001569>
- ⁴ Lenz M, Windolf M, Muckley T, et al. The locking attachment plate for proximal fixation of periprosthetic femur fractures – a biomechanical comparison of two techniques. *Int Orthop* 2012;36:1915-1921. <https://doi.org/10.1007/s00264-012-1574-x>
- ⁵ Lewis GS, Caroom CT, Wee H, et al. Tangential Bicortical Locked Fixation Improves Stability in Vancouver B1 Periprosthetic Femur Fractures: A Biomechanical Study. *J Orthop Trauma* 2015;29:e364-e370. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000365>
- ⁶ Lunebourg A, Mouhsine E, Cherix S, et al. Treatment of type B periprosthetic femur fractures with curved non-locking plate with eccentric holes: Retrospective study of 43 patients with minimum 1-year follow-up. *OrthopTraumatolSurg Res* 2015;101:277-282. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2015.01.015>
- ⁷ Kampshoff J, Stoffel KK, Yates PJ, et al. The treatment of periprosthetic fractures with locking plates: effect of drill and screw type on cement mantles: a biomechanical analysis. *Arch OrthopTrauma Surg* 2010;130:627-632. <https://doi.org/10.1007/s00402-009-0952-3>
- ⁸ Giesinger K, Ebnetter L, Day R, et al. Can Plate Osteosynthesis of Periprosthetic Femoral Fractures Cause Cement Mantle Failure Around a Stable Hip Stem? A Biomechanical Analysis. *J Arthroplasty* 2014;29:1308-1312. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2013.12.015>
- ⁹ Bibiano L, Stamboltsyan G, Touloupakis G, et al. Plate fixation in periprosthetic femur fractures Vancouver type B1: preliminary report of macroscopic evaluation of the cement mantle and short literature review. *Acta Biomed* 2019;90:31-36. <https://doi.org/10.23750/abm.v90i1.6544>
- ¹⁰ Lenz M, Perren SM, Gueorguiev B, et al. Underneath the cerclage: an ex vivo study on the cerclage-bone interface mechanics. *Arch Orthop Trauma Surg* 2012; 132:1467-1472. <https://doi.org/10.1007/s00402-012-1572-x>
- ¹¹ Ebraheim NA, Sochacki KR, Liu X, et al. Locking plate fixation of periprosthetic femur fractures with or without cerclage wires. *Orthop Surg* 2013;5:183-187. <https://doi.org/10.1111/os.12052>
- ¹² Tzu-Cheng Y, Yu-Hsuan T, Chien-Shun W, et al. Are proximal screws necessary for osteosynthesis of stable-stem periprosthetic femoral fractures fixed with non-locking plate and cable? *Injury* 2019;50:1739-1744. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.06.009>
- ¹³ Wendler T, Edel M, Mobius R, et al. Fixation of intraoperative proximal femoral fractures during THA using two versus three cerclage wires – a biomechanical study. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2022;23:40-48. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04956-5>
- ¹⁴ Speranza A, Massafra C, Pecchia S, et al. Metallic versus non-metallic cerclage cables system in periprosthetic hip fracture treatment: single institution experience at a minimum 1-year follow-up. *J Clin Med* 2022;11:1608-1614. <https://doi.org/10.3390/jcm11061608>
- ¹⁵ Moore RE, Baldwin K, Austin MS, et al. A systematic review of open reduction and internal fixation of periprosthetic fractures with or without allograft strut, cerclage, and locked plates. *J Arthroplasty* 2014;29:872-876. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2012.12.010>
- ¹⁶ Yoon BH, ParkSG, Roh YH Open reduction and internal fixation of Vancouver B1 and B2 periprosthetic femoral fractures: a proportion meta-analysis. *Hip Pelvis* 2023;35:217-227. <https://doi.org/10.5371/hp.2023.35.4.217>

ARTO INFERIORE: ANCA

La revisione nelle fratture periprotetiche: quando e come

Arcangelo Morizio, Gabriele Laera, Luca Lombardi, Michele Loiodice, Giuseppe Solarino

UOC Ortopedia e Traumatologia, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro", AOU Policlinico Bari

INTRODUZIONE ED EPIDEMIOLOGIA: UN'EMERGENZA CLINICA IN EVOLUZIONE

Le fratture periprotetiche femorali rappresentano una delle sfide più complesse della chirurgia ricostruttiva dell'anca. Non si tratta di semplici eventi traumatici, ma di fratture che interessano un distretto osseo già modificato da precedenti procedure chirurgiche, alterazioni della biomeccanica articolare, stress-shielding, osteolisi asettica e, non raramente, compromissione dei tessuti molli periarticolari.

L'incidenza di questa patologia è in progressivo aumento, sostenuta dall'invecchiamento della popolazione, dall'ampliamento delle indicazioni all'artroprotesi totale dell'anca e dalla crescente sopravvivenza degli impianti. I dati dei registri nazionali indicano un'incidenza complessiva di frattura periprotetica dopo artroprotesi totale primaria intorno allo 0,6%, con valori nettamente superiori nei pazienti già sottoposti a revisione, nei quali l'incidenza può raggiungere il 18% ¹.

L'impatto clinico è paragonabile, per complessità assistenziale e prognosi, a quello delle fratture del femore prossimale nel grande anziano. La chirurgia richiede tempi operatori prolungati, perdite ematiche

rilevanti e una pianificazione ricostruttiva accurata; nei pazienti fragili, soprattutto con elevato punteggio ASA, la mortalità a un anno può avvicinarsi all'11% ¹.

QUANDO EFFETTUARE UN INTERVENTO DI REVISIONE NELLE FRATTURE PERIPROTESICHE

La decisione tra revisione protesica, osteosintesi isolata e trattamento conservativo rappresenta il momento critico dell'intero percorso terapeutico. L'indicazione non può dipendere esclusivamente dalla morfologia della rima di frattura, ma deve derivare dall'integrazione di tre elementi: localizzazione anatomica della lesione, stabilità dello stelo e qualità del patrimonio osseo residuo. L'errore più grave è sottostimare una mobilitazione dell'impianto, poiché in tale condizione l'osteosintesi può ristabilire l'allineamento osseo ma non la stabilità dell'interfaccia osso-protesi.

Classificazioni: Vancouver e UCS

La classificazione di Vancouver, introdotta nella pratica clinica come sistema capace di correlare il pattern di frattura all'indica-

zione terapeutica, rimane il riferimento più utilizzato per le fratture periprotetiche femorali. Essa distingue le fratture trocanteriche di tipo A, le fratture attorno allo stelo di tipo B e le fratture distali all'apice dello stelo di tipo C; all'interno del gruppo B separa le fratture con stelo stabile (B1) da quelle con stelo mobilizzato e bone stock conservato (B2) o gravemente deficitario (B3).

Lo Unified Classification System (UCS), introdotto per estendere una terminologia comune a tutto lo scheletro appendicolare e alle diverse sedi periprotetiche, rappresenta un'evoluzione concettuale importante. Tuttavia, per le fratture periprotetiche femorali dell'anca, la Vancouver conserva

un ruolo centrale per immediatezza, affidabilità inter-osservatore e utilità nell'algoritmo decisionale ²⁻⁴.

Particolare attenzione deve essere riservata alle fratture della regione trocanterica, classificate come Vancouver A. Le fratture del grande trocantere (AG) possono compromettere l'apparato abducente, mentre quelle del piccolo trocantere (AL) possono interessare il calcar e il supporto mediale dello stelo. Quando la frattura si estende alla corticale laterale o mediale e altera il supporto metafisario, la lesione non deve essere interpretata come una frattura trocanterica benigna, ma come una condizione potenzialmente instabile, assimilabile

Tabella I. Classificazione di Vancouver modificata e algoritmo terapeutico.

Tipo Vancouver	Localizzazione della frattura	Stabilità dello stelo	Patrimonio osseo	Trattamento consigliato
A (AG/AL) "reali"	Grande o piccolo trocantere, senza estensione corticale significativa	Stabile; cilindro diafisario integro	Buono o osteopenico	Trattamento conservativo o ORIF selettiva
A (AG/AL) "instabili"	Trocanterica con estensione alla corticale mediale o laterale	Instabile per perdita del supporto metafisario	Buono o osteopenico	Revisione protesica, assimilabile a gestione B2
B1	Attorno allo stelo	Stabile	Buono	ORIF con placche lunghe, cerchiaggi e bypass adeguato
B2	Attorno allo stelo	Instabile	Buono	Revisione con stelo conico scanalato a fissazione diafisaria distale
B3	Attorno allo stelo	Instabile	Gravemente deficitario	Revisione con stelo modulare, innesti strutturali o megaprotesi nei casi estremi
C	Distale all'apice dello stelo	Stabile	Buono	ORIF con placche lunghe e bypass prossimale/distale

Nota: l'inquadramento delle fratture apparentemente di tipo A richiede la verifica dell'integrità del pilastro mediale, del muro laterale e dell'apparato abducente, preferibilmente mediante TC con riduzione degli artefatti metallici.

sul piano decisionale a una Vancouver B2. Di conseguenza, le vere fratture Vancouver A suscettibili di trattamento conservativo o di sola osteosintesi sono quelle in cui la corticale diafisaria rimane integra, l'interfaccia osso-protesi non è violata e lo stelo conserva una stabilità assoluta. La classificazione di Vancouver modificata e il relativo orientamento terapeutico sono riassunti nella Tabella I.

Sul piano clinico, la classificazione non deve essere intesa come un esercizio descrittivo, ma come uno strumento operativo. Il passaggio da B1 a B2 modifica radicalmente il trattamento: nella B1 il problema è la frattura di un femore che contiene uno stelo stabile, mentre nella B2 il problema è la perdita di stabilità dell'impianto, associata alla frattura. In quest'ultimo scenario, la sintesi della corticale non è sufficiente se non viene ristabilita la stabilità protesica.

Le fratture di tipo C, localizzate distalmente all'apice dello stelo, seguono invece principi più vicini alla traumatologia diafisaria, purché sia dimostrata la stabilità dello stelo. In questi casi la placca deve superare adeguatamente l'apice protesico per evitare concentrazioni di stress tra impianto endomidollare e mezzo di sintesi extramidollare.

Diagnosi di fratture stabili e instabili

La distinzione tra stelo stabile e stelo instabile è spesso complessa. Le radiografie standard in proiezioni ortogonali, comprendenti l'intero impianto e il femore fino al ginocchio, sono indispensabili ma non sempre sufficienti, soprattutto in presenza di dolore pre-fratturativo, osteolisi, mantello di cemento alterato o fratture apparentemente composte.

La tomografia computerizzata con protocolli di riduzione degli artefatti metallici deve

essere considerata parte integrante della pianificazione preoperatoria. Essa consente di valutare tridimensionalmente l'estensione della rima di frattura, l'integrità del pilastro mediale e laterale, la presenza di radiolucenze continue, pedestal sign, debonding del mantello di cemento e aree di osteolisi. Inoltre permette di stimare il *bone stock* residuo, orientando la scelta tra steli standard, steli conici a fissazione diafisaria, innesti strutturali o soluzioni da resezione. La classificazione dei difetti femorali secondo Paprosky è riportata nella Tabella II.

In termini pratici, richiedono revisione le fratture trocanteriche estese alla corticale mediale o laterale con perdita della stabilità metafisaria, le fratture Vancouver B2 con stelo mobilizzato e *bone stock* conservato e le fratture Vancouver B3, nelle quali l'instabilità dell'impianto si associa a severa perdita ossea femorale.

Un elemento anamnestico spesso sottovalutato è la presenza di dolore alla coscia o all'inguine prima del trauma. Tale dato deve orientare verso una mobilizzazione preesistente, anche quando la radiografia mostra una frattura apparentemente composta. Analogamente, la progressiva migrazione dello stelo, la variazione dell'allineamento rispetto a radiografie precedenti e la presenza di osteolisi periprotetica sono segni indiretti di instabilità cronica.

La diagnosi definitiva di stabilità può talora essere confermata solo intraoperatoriamente. Per questo motivo il chirurgo deve pianificare ogni caso dubbio come potenziale revisione, disponendo di steli lunghi, cerchiaggi, placche, eventuali innesti strutturali e strumentario per l'estrazione dello stelo e del cemento. Una pianificazione limitata alla sola osteosintesi può esporre a scelte incomplete nel momento in cui la mobilizzazione venga riconosciuta durante l'intervento.

Tabella II. Classificazione dei difetti ossei femorali secondo Paprosky. La tabella riassume la qualità del supporto corticale residuo e l'orientamento ricostruttivo nelle revisioni femorali.

Tipo Paprosky	Descrizione del difetto osseo	Sostegno corticale istmico	Indicazione di massima per la revisione
Tipo I	Minima perdita ossea; metafisi parzialmente conservata e diafisi integra	Intatto	Stelo standard o stelo non cementato a fissazione prossimale
Tipo II	Estesa perdita ossea metafisaria con istmo e diafisi integri	Intatto	Stelo modulare o conico a fissazione diafisaria
Tipo IIIA	Grave perdita metafisaria con estensione del difetto all'istmo	> 4 cm di diafisi integra disponibile per fissazione	Stelo conico scanalato a fissazione distale lunga
Tipo IIIB	Grave perdita metafisaria e diafisaria	< 4 cm di diafisi integra; <i>press-fit</i> affidabile difficilmente ottenibile	Stelo modulare con innesti strutturali o, in casi selezionati, megaprotesi
Tipo IV	Canale femorale estesamente distrutto e allargato, con assenza di supporto	Assente o non valutabile	Megaprotesi o protesi da resezione femorale prossimale

Importanza della tipologia di impianto primario

La strategia ricostruttiva deve considerare anche il tipo di stelo primario e la sua modalità di fissazione. La letteratura recente mostra che il rischio di frattura peri-protesica dipende in misura rilevante dal design dello stelo, talora più che dal solo impiego del cemento ⁵. Prendendo come riferimento gli steli cementati *composite beam* (rischio relativo pari a 1,0), il rischio di reintervento per frattura risulta circa quadruplicato per gli steli cementati *polished taper* (aHRR 4,0), sale fino a 7,3 per gli steli non cementati a cuneo privi di collare e si riduce a 3,5 quando è presente un collare al calcare ⁵. Gli steli cementati *composite beam* tendono a distribuire il carico lungo l'interfaccia cemento-osso, mentre gli steli *polished taper slip* sono

progettati per un controllato affondamento nel mantello di cemento; in caso di frattura peri-impianto, tale meccanismo può trasformarsi in un fattore di instabilità, poiché il cuneo metallico continua a generare sollecitazioni assiali e circonferenziali sui frammenti ^{5,6}.

Anche gli steli non cementati a geometria tapered wedge o privi di collare presentano un profilo di rischio specifico, legato al *press-fit* metafisario e alla possibile concentrazione degli stress in osso osteopenico. La presenza di un collare a livello del calcare può ridurre il rischio di affondamento e di frattura, migliorando la trasmissione delle forze compressive sul supporto mediale ⁵.

Il dato clinico più rilevante è che, nelle fratture attorno a steli cementati *polished taper*, il mantello di cemento e l'interfaccia stelo-cemento-osso risultano frequente-

mente compromessi. In tali situazioni, una frattura radiograficamente simile a una Vancouver B1 può comportarsi come una B2. La scelta di una riduzione e sintesi open (ORIF) deve pertanto essere estremamente prudente e subordinata alla dimostrazione inequivocabile della stabilità dello stelo ⁶.

Gli steli cementati *composite beam*, rappresentati storicamente da design a superficie rugosa o satinata, sono concepiti per ottenere un bloccaggio rigido nel mantello di cemento e distribuire il carico su un'ampia superficie. Gli steli *polished taper slip*, al contrario, sfruttano un meccanismo di scivolamento controllato all'interno del cemento. Tale comportamento è vantaggioso in condizioni ordinarie, ma può diventare sfavorevole quando la frattura interrompe il contenimento corticale e consente allo stelo di comportarsi come un cuneo instabile.

Negli steli non cementati, il rischio è strettamente legato alla modalità di trasferimento del carico. I design a *press-fit* metafisario richiedono un supporto prossimale valido; se il calcar o la corticale laterale vengono compromessi dalla frattura, il meccanismo di stabilità primaria può venire meno. Nei modelli privi di collare, l'assenza di un appoggio sul calcar può favorire l'affondamento assiale, mentre il collare contribuisce a distribuire parte del carico compressivo sul supporto mediale residuo ⁵.

Queste considerazioni hanno implicazioni pratiche: la semplice apparenza radiografica della frattura non è sufficiente. Lo stesso pattern può avere significato diverso a seconda che si sviluppi attorno a uno stelo cementato *polished taper*, a uno stelo cementato *composite beam* o a uno stelo non cementato a fissazione metafisaria. La decisione terapeutica deve quindi integrare morfologia della frattura, storia dell'impianto, design protesico e segni di mobilitazione.

COME EFFETTUARE UN INTERVENTO DI REVISIONE NELLE FRATTURE PERIPROTESICHE

La tecnica di revisione varia in rapporto al tipo di frattura, alla stabilità dell'impianto, al difetto osseo e alle condizioni generali del paziente. L'obiettivo non è soltanto sostituire uno stelo mobilizzato, ma ricostruire un sistema meccanicamente stabile, biologicamente favorevole alla guarigione e compatibile con una mobilitazione precoce.

Fratture Vancouver B2 / Paprosky I-II

Le fratture Vancouver B2 sono caratterizzate da stelo instabile e patrimonio osseo relativamente conservato. In passato l'osteosintesi con placche e cerchiaggi è stata proposta per ridurre invasività, perdite ematiche e tempi operatori. Tuttavia, quando lo stelo è realmente mobilizzato, l'osteosintesi isolata non corregge la perdita di stabilità dell'interfaccia e può essere gravata da subsidence, pseudoartrosi, rottura dei mezzi di sintesi e necessità di reintervento ^{7,8}.

La revisione femorale con bypass della frattura deve quindi essere considerata la strategia più affidabile nella maggior parte delle Vancouver B2. Nei difetti Paprosky I può essere sufficiente uno stelo standard o un impianto non cementato a fissazione prossimale, mentre nei difetti Paprosky II è generalmente preferibile uno stelo modulare o conico a fissazione diafisaria.

Il razionale della revisione consiste nel superare il focolaio di frattura e trasferire la stabilità su un segmento diafisario sano. La riduzione dei frammenti prossimali rimane importante per ripristinare lunghezza, offset e tensione dei tessuti molli, ma non rappresenta da sola il fulcro della stabilità. Per

questo motivo cerchiaggi e placche possono avere un ruolo complementare, ma non sostitutivo, rispetto allo stelo da revisione.

La scelta tra stelo cementato e non cementato deve essere individualizzata. Nei pazienti con diafisi integra e sufficiente qualità corticale, gli steli non cementati conici scanalati offrono una fissazione distale affidabile. In presenza di canali molto ampi, osso osteoporotico severo o condizioni biologiche sfavorevoli, possono essere considerate strategie alternative, inclusa la cementazione selettiva, ma sempre nel rispetto del principio del bypass della frattura.

Fratture Vancouver AL/AG instabili

Le fratture trocanteriche associate alla compromissione del supporto corticale mediale o laterale devono essere valutate come lesioni a instabilità metafisaria. Quando il grande trocantere è coinvolto in modo massivo, il rischio principale è l'insufficienza dell'apparato abducente; quando è interessato il piccolo trocantere, il problema è la perdita del calcar e del supporto mediale dello stelo. In entrambi i casi, se la stabilità dell'impianto è compromessa, il trattamento deve seguire principi analoghi a quelli delle Vancouver B2.

Nei difetti assimilabili a Paprosky II il trattamento ricalca la revisione con stelo a fissazione diafisaria. Se la perdita ossea metafisaria è più estesa, come nei difetti Paprosky IIIA, è indicato uno stelo conico scanalato a fissazione distale lunga, con eventuale supporto mediante cerchiaggi o innesti strutturali.

La stabilizzazione del grande trocantere non ha soltanto valore osteosintetico, ma anche funzionale. Il ripristino della continuità dell'apparato abducente è determinante per ridurre zoppia di Trendelenburg, instabilità e rischio di lussazione. Per questo

motivo, nelle fratture AG instabili, la ricostruzione deve prevedere sistemi capaci di controllare sia la trazione muscolare sia la rotazione del frammento trocanterico.

Nelle fratture AL, il problema principale è il supporto mediale. Una perdita del calcar può privare lo stelo del proprio appoggio metafisario e trasformare una lesione apparentemente limitata in un quadro di progressiva instabilità assiale. In questi casi la TC è particolarmente utile, poiché la corticale mediale può essere mascherata dallo stelo nelle proiezioni radiografiche standard.

Fratture Vancouver B3/ Paprosky III-IV

Nelle Vancouver B3, l'instabilità dello stelo si associa a perdita ossea metafisaria e diafisaria severa. L'ORIF isolata è generalmente controindicata, poiché non affronta né la mobilizzazione dell'impianto né il difetto strutturale dell'osso ospite ^{7,9}.

La revisione richiede steli lunghi a fissazione distale, capaci di ottenere stabilità in diafisi integra. Quando il *bone stock* deve essere preservato o ricostruito, possono essere impiegati innesti corticali omologhi a ponte sul difetto. Nei pazienti grandi anziani, con femore prossimale non ricostruibile e potenziale osteogenico estremamente limitato, la protesi da resezione femorale prossimale rappresenta una soluzione di salvataggio. Pur sacrificando il *bone stock* residuo, essa consente stabilità immediata e carico precoce, obiettivi essenziali nei pazienti fragili.

Nelle B3 la pianificazione deve considerare non solo la stabilità immediata, ma anche il recupero o la sostituzione del patrimonio osseo. Gli strut grafts corticali possono aumentare la resistenza meccanica del femore, distribuire le sollecitazioni e favorire la ricostruzione biologica nel tempo. Tuttavia, richiedono tempi di consolidazione più lun-

ghi e una sintesi accurata mediante cerchiaggi o cavi.

La megaprotesi non deve essere interpretata come soluzione di routine, ma come opzione per difetti estremi, bassa richiesta funzionale, età avanzata o impossibilità di ottenere una fissazione biologica affidabile. Il suo vantaggio principale è la stabilità immediata; i limiti sono rappresentati dal sacrificio osseo, dal rischio di instabilità e dalla complessità di eventuali ulteriori revisioni.

Steli femorali da revisione

Il principio biomeccanico fondamentale della revisione femorale è disaccoppiare la fissazione dell'impianto dall'area di frattura. Lo stelo deve ancorarsi in osso sano distalmente alla lesione, superando il focolo con un adeguato bypass corticale. Gli steli conici scanalati in titanio, modulari o monoblocco, rappresentano attualmente una delle soluzioni più consolidate per ottenere stabilità primaria nelle revisioni B2 e B3 ricostruibili ^{10,11}.

La conicità converte le forze assiali in compressione radiale sulle corticali diafisarie, mentre le scanalature garantiscono stabilità rotazionale, prerequisito per l'osteointegrazione secondaria. Gli steli monoblocco offrono semplicità costruttiva ma impongono un compromesso tra profondità di inserimento, lunghezza dell'arto e offset. Gli steli modulari consentono invece di separare la fissazione distale dalla ricostruzione prossimale, permettendo un più preciso controllo di lunghezza, offset e antiversione; tale vantaggio deve essere bilanciato con il rischio di fratture iatrogene durante l'impattazione e, raramente, di problemi alla giunzione modulare ^{10,11}.

La lunghezza dello stelo deve essere pianificata su radiografie calibrate e TC, considerando non soltanto la distanza dalla rima di frattura, ma anche il diametro del cana-

le, l'eventuale incurvamento femorale e la presenza di precedenti mezzi di sintesi. Il sovradimensionamento può determinare fratture iatrogene, mentre un diametro insufficiente espone a subsidence e dolore di coscia.

La modularità è particolarmente utile quando la frattura o la perdita ossea alterano i riferimenti prossimali. Una volta ottenuto il *press-fit* distale, il modulo prossimale consente di ristabilire offset, antiversione e lunghezza dell'arto in modo indipendente. Questo aspetto è essenziale per ridurre instabilità, impingement e insufficienza abduzione. La scelta modulare deve tuttavia essere accompagnata da un assemblaggio meticoloso, evitando contaminazione della giunzione e garantendo un accoppiamento stabile tra i moduli.

Gestione delle complicanze nelle revisioni

Il subsidence rappresenta una delle complicanze meccaniche più rilevanti dopo revisione con steli conici scanalati. Una migrazione assiale superiore a 5 mm è stata descritta in una quota non trascurabile di pazienti, soprattutto quando vengono impiegati steli di piccolo diametro o quando il bypass corticale è insufficiente ¹². Per ridurre tale rischio, l'apice dello stelo deve superare la rima di frattura e ottenere presa in diafisi integra per almeno due diametri corticali, approssimativamente 6 cm ^{10,12}.

Un secondo momento critico è l'espianto dello stelo primario. Nelle Vancouver B2 lo stelo può essere instabile prossimalmente ma ancora parzialmente integrato distalmente o associato a un mantello di cemento tenace. L'estrazione forzata in una diafisi già fratturata può propagare la rima e trasformare un difetto ricostruibile in una perdita ossea maggiore. In questi scenari l'osteotomia trocanterica estesa rappre-

senta una risorsa utile, poiché consente esposizione diretta, rimozione controllata dello stelo e del cemento, protezione della corticale mediale e successiva ricostruzione del complesso abduttore mediante cerchiaggi.

L'instabilità articolare costituisce infine una complicanza frequente nelle revisioni per frattura. La sua genesi è multifattoriale e comprende alterazione dell'offset, sarcopenia, insufficienza dei tessuti molli e possibile mancata consolidazione trocanterica. Nei pazienti fragili o con compromissione dell'apparato abduttore, le coppe a doppia mobilità possono ridurre il rischio di lussazione e facilitare una mobilitazione precoce ¹³. Il loro impiego deve essere valutato con particolare attenzione nelle revisioni femorali per frattura, anche quando il cotile primario appare stabile.

La prevenzione del subsidence inizia dalla preparazione del canale. L'alesaggio deve essere progressivo, coassiale e controllato fluoroscopicamente, evitando false strade e perforazioni corticali. Nei femori osteopenici o deformati, l'impiego di cerchiaggi profilattici può ridurre il rischio di propagazione della frattura durante l'impattazione dello stelo.

L'osteotomia trocanterica estesa deve essere eseguita con indicazione selettiva, ma non tardiva. Quando l'estrazione è prevedibilmente difficile, un accesso controllato è spesso più sicuro di manovre ripetute e traumatiche. Il frammento osteotomico deve essere riposizionato con accurata tensione dei tessuti molli e stabilizzato in modo da consentire guarigione ossea e recupero dell'apparato abduttore.

La scelta della doppia mobilità non elimina la necessità di ricostruire correttamente la biomeccanica femorale. Offset, lunghezza, antiversione e tensione muscolare restano determinanti. Tuttavia, nei quadri in cui il controllo dei tessuti molli è intrinsecamente sfavorevole, la doppia mobilità aumenta la

jump distance e offre un margine di sicurezza utile nel periodo postoperatorio precoce ¹³.

FRATTURE PERIPROTESICHE ACETABOLARI

Sebbene la maggior parte delle fratture periprotetiches dell'anca riguardi il femore, le fratture acetabolari rappresentano una sfida ricostruttiva di elevata complessità. Esse devono essere distinte in intraoperatorie e postoperatorie, poiché timing, meccanismo e strategia terapeutica sono differenti.

Le fratture intraoperatorie si verificano più spesso durante alesaggio eccentrico, impattazione di coppe non cementate sovradimensionate o ricerca di un *press-fit* eccessivo in osso sclerotico. Se la coppa mantiene una stabilità primaria affidabile, può essere sufficiente incrementare la fissazione con viti aggiuntive e osservare l'evoluzione clinica. Se invece il metal-back risulta instabile, è necessario rimuovere l'impianto, sintetizzare la colonna o le pareti acetabolari coinvolte e utilizzare componenti da revisione, anelli di rinforzo o costrutti ad ancoraggio pelvico ¹⁴.

Le fratture postoperatorie sono spesso l'esito di osteolisi pelvica progressiva, assottigliamento delle pareti acetabolari e protrusione della coppa. La TC è indispensabile per definire il difetto osseo, valutare l'eventuale discontinuità pelvica e pianificare la ricostruzione. Il trattamento conservativo è riservato a fratture composte con coppa stabile; nella maggior parte dei casi sintomatici è necessaria una ricostruzione con coppe jumbo, componenti in metallo trabecolare, cages o costrutti *cup-cage*, con l'obiettivo di ripristinare stabilità, centro di rotazione e continuità pelvica ¹⁵.

La discontinuità pelvica rappresenta il quadro più complesso, poiché separa funzionalmente l'emipelvi superiore da quella

inferiore. In questi casi l'obiettivo non è soltanto fissare una coppa, ma ristabilire una continuità meccanica capace di sopportare il carico. I costrutti *cup-cage* combinano il potenziale biologico di una coppa porosa con il supporto meccanico di una gabbia, consentendo stabilità iniziale e successiva osteointegrazione.

Nelle fratture acetabolari periprotetiche, come in quelle femorali, l'indicazione deve essere adattata al paziente. Nei soggetti fragili, l'obiettivo principale è ottenere una stabilità sufficiente alla mobilizzazione precoce; nei pazienti più giovani o ad alta richiesta funzionale, la ricostruzione del *bone stock* e del centro di rotazione assume un peso maggiore nella pianificazione a lungo termine.

CONCLUSIONI

La gestione delle fratture periprotetiche dell'anca richiede una valutazione integrata della sede della frattura, della stabilità dell'impianto e del patrimonio osseo residuo. Il punto decisionale cruciale è il riconoscimento della mobilizzazione dello stelo: una frattura apparentemente stabile, se associata a perdita del supporto corticale mediale o laterale, deve essere considerata a rischio di fallimento meccanico se trattata con sola osteosintesi.

Nelle fratture Vancouver B2 e B3, la revisione femorale con steli conici scanalati a fissazione diafisaria rappresenta una strategia affidabile, purché venga rispettato un adeguato bypass corticale e venga ottenuta stabilità primaria in osso sano distalmente alla frattura. Nei difetti ossei maggiori, la ricostruzione può richiedere innesti strutturali, componenti modulari o, nei casi estremi, una protesi da resezione femorale prossimale.

Nei pazienti fragili e nelle revisioni associate a compromissione dell'apparato abduuttore, l'impiego di costrutti acetabolari a

doppia mobilità può ridurre il rischio di instabilità postoperatoria e favorire una mobilizzazione precoce. La corretta indicazione alla revisione, più ancora della sola tecnica chirurgica, rimane il principale determinante del successo terapeutico.

Bibliografia

- ¹ Lamb JN, Evans JT, Relton S, et al. The incidence of postoperative periprosthetic femoral fracture following total hip replacement: an analysis of UK National Joint Registry and Hospital Episodes Statistics data. *PLoS Med* 2024;21:e1004462. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1004462>
- ² Schopper C, Luger M, Hipmair G, et al. The race for the classification of proximal periprosthetic femoral fractures: Vancouver vs Unified Classification System (UCS) - a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord* 2022;23:280. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05240-w>
- ³ Duncan CP, Haddad FS. The Unified Classification System (UCS): improving our understanding of periprosthetic fractures. *Bone Joint J* 2014;96-B:713-716. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B6.34040>
- ⁴ Khan T, Grindlay D, Ollivier BJ, et al. A systematic review of Vancouver B2 and B3 periprosthetic femoral fractures. *Bone Joint J* 2017;99-B:17-25. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.99B4.BJJ-2016-1311.R1>
- ⁵ Lamb JN, West RM, Relton SD, et al. The risk of postoperative periprosthetic femoral fracture after total hip arthroplasty depends more on stem design than cement use: an analysis of national health data from England. *J Bone Joint Surg Am* 2025;107:476-487. <https://doi.org/10.2106/JBJS.24.00894>
- ⁶ Walters S, Guevel B, Bates P, et al. Fixation versus revision arthroplasty for Unified Classification System type B periprosthetic fractures around cemented polished tapered femoral components. *Bone Jt Open* 2025;6:944-953. <https://doi.org/10.1302/2633-1462.68.BJO-2025-0123>
- ⁷ Haider T, Hanna P, Mohamadi A, et al. Revision arthroplasty versus open reduction and

- internal fixation of Vancouver type-B2 and B3 periprosthetic femoral fractures. *JBJS Rev* 2019;7:e2. <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.18.00115>
- ⁸ González-Martín D, Hernández-Castillejo LE, Herrera-Pérez M, et al. Osteosynthesis versus revision arthroplasty in Vancouver B2 periprosthetic hip fractures: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2023;49:87-106. <https://doi.org/10.1007/s00068-022-02032-8>
 - ⁹ Fink B, Hoyka M. Vancouver B3 periprosthetic fractures of the femur: options for treatment. *Arch Orthop Trauma Surg* 2026;146:97. <https://doi.org/10.1007/s00402-026-06219-1>
 - ¹⁰ Koutalos AA, Varitimidis S, Malizos KN, et al. Clinical, functional and radiographic outcomes after revision total hip arthroplasty with tapered fluted modular or non-modular stems: a systematic review. *Hip Int* 2022;32:1-13. <https://doi.org/10.1177/11207000211004383>
 - ¹¹ Schreiner AJ, Steidle C, Schmidutz F, et al. Hip revision arthroplasty of periprosthetic fractures Vancouver B2 and B3 with a modular revision stem: short-term results and review of literature. *Z Orthop Unfall* 2021;159:432-440. <https://doi.org/10.1055/a-1209-4002>
 - ¹² Parry JA, Hernandez NM, Berry DJ, et al. Risk factors for subsidence of modular fluted tapered stems used during revision total hip arthroplasty for periprosthetic hip fractures. *J Arthroplasty* 2018;33:2967-2970. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.05.001>
 - ¹³ Levin JM, Sultan AA, O'Donnell JA, et al. Modern dual-mobility cups in revision total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *J Arthroplasty* 2018;33:3793-3800. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.08.016>
 - ¹⁴ Corradi N, Trimarchi A, Manca F, et al. Intra-operative acetabular periprosthetic fracture (IAPF) in total hip arthroplasty: a systematic review of outcomes and complications in conservative and surgical treatment. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2026;36:32. <https://doi.org/10.1007/s00590-025-04599-5>
 - ¹⁵ Benazzo F, Formagnana M, Bargagliotti M, et al. Periprosthetic acetabular fractures. *Int Orthop* 2015;39:1959-1963. <https://doi.org/10.1007/s00264-015-2971-8>

ARTO INFERIORE: GINOCCHIO

La sintesi nelle fratture periprotetichesche del ginocchio: quando e come

Federico Dettoni, Simone Sanfilippo, Jacopo Vittori

SC Ortopedia e Traumatologia, Ospedale Cardinal Massaia, Asti

INTRODUZIONE

Le fratture periprotetichesche del ginocchio rappresentano una complicanza sempre più frequente nella pratica ortopedica contemporanea. L'aumento del numero di artroprotesi impiantate (entro il 2030 negli Stati Uniti e nel Regno Unito si stima che verranno eseguiti oltre 3,48 milioni di interventi di protesi totale del ginocchio), l'invecchiamento della popolazione e il mantenimento di elevate richieste funzionali anche nei pazienti anziani hanno progressivamente modificato l'epidemiologia di questa complicanza.

Si stima un'incidenza negli Usa fino a 300 mila casi di fratture periprotetichesche all'anno. Le fratture del femore distale sono le più frequenti con un'incidenza che raggiunge circa il 2,5% nei primi impianti e circa il 38% nelle revisioni. Fratture della tibia prossimale raggiungono il 1,7% mentre le fratture della rotula sono le meno frequenti con l'1,19% dei casi ^{1,2}.

Il trattamento delle fratture periprotetichesche costituisce una sfida complessa, poiché il chirurgo deve confrontarsi simultaneamente con un osso osteoporotico, la presenza dell'impianto, la possibile mobilizzazione protesica e ridotte riserve biologiche del paziente. In questo scenario, la domanda fondamentale non riguarda soltanto come trattare la frattura ma soprattutto quando la sintesi rappresenti realmente la scelta corretta.

Le moderne tecniche di osteosintesi hanno profondamente modificato l'approccio

terapeutico. L'introduzione delle placche a stabilità angolare, dei sistemi mininvasivi e delle sintesi combinate ha migliorato significativamente la stabilità meccanica nei pazienti osteoporotici, consentendo la mobilizzazione precoce e la riduzione delle complicanze legate all'allettamento ³.

PIANIFICAZIONE PREOPERATORIA

La pianificazione preoperatoria rappresenta uno dei momenti più importanti del trattamento. È essenziale identificare il tipo di protesi, la presenza di eventuali steli, la qualità ossea e la stabilità dell'impianto.

Esami diagnostici

Le radiografie standard in due proiezioni devono comprendere l'intero segmento osseo. La TC (Tomografia Computerizzata) è imprescindibile e necessaria nella valutazione della mobilizzazione dell'impianto, del grado di comminuzione e di scomposizione dei frammenti di frattura. Tali esami permettono di interpretare la tipologia di frattura. Nonostante l'alta definizione e il dettaglio degli esami diagnostici, in alcuni casi borderline la certezza della mobilizzazione protesica si ottiene solo in seguito a valutazione intraoperatoria.

Quando si sospetta una mobilizzazione settica, la valutazione deve includere esami ematochimici ed artrocentesi preoperatoria. La presenza di infezione modifica radicalmente la strategia terapeutica. Molti au-

tori suggeriscono di indagare la presenza di un'infezione anche nei casi di fratture periprotetiche associate a un trauma evidente, sostenendo che l'infezione sottostante può aver indebolito l'osso periprotetico ed avere addirittura causato la caduta.

Il chirurgo deve sempre prevedere una strategia alternativa intraoperatoria. Una frattura pianificata per sintesi può infatti richiedere intraoperatoriamente una revisione protesica. Per questo motivo il trattamento delle fratture periprotetiche complesse dovrebbe essere eseguito in centri specializzati, dotati sia di esperienza traumatologica sia di competenze ricostruttive.

FRATTURE DEL FEMORE DISTALE

Il femore distale è particolarmente a rischio per le forze che vengono applicate in regione sopracondilare in traumi a bassa energia. Le classificazioni delle fratture periprotetiche hanno un valore essenzialmente pratico poiché guidano la scelta terapeutica. Per le fratture femorali distali la classificazione di Lewis e Rorabeck rimane la più utilizzata e distingue le fratture come segue:

- Tipo I: Frattura composta con scudo femorale non mobilizzato.
- Tipo II: Frattura scomposta con scudo femorale non mobilizzato.
- Tipo III: Mobilizzazione dello scudo femorale indipendentemente dal grado di scomposizione del focolaio di frattura ⁴.

Su et al. nel 2004 classificano le fratture periprotetiche femorali basandosi sulla sede della rima di frattura rispetto allo scudo femorale. In particolare, si distingue:

- Tipo I: rima di frattura prossimale allo scudo femorale.
- Tipo II: estensione distale della rima di frattura che interessa lo scudo femorale.
- Tipo III: rima di frattura che si sviluppa interamente distalmente alla flangia anteriore dello scudo femorale.

Dal punto di vista decisionale, le fratture

con impianto stabile possono generalmente essere trattate mediante sintesi mentre la mobilizzazione protesica richiede una revisione rispettando la fissazione zonale secondo quanto descritto da Morgan-Jones et al. nel 2015 ^{6,7}. L'obiettivo principale è ottenere una stabilità meccanica sufficiente atta a consentire la mobilizzazione precoce e il recupero funzionale rapido.

Il trattamento incruento delle fratture periprotetiche composte viene preso in considerazione in pazienti non deambulanti, con gravi condizioni cliniche generali o elevato rischio anestesilogico. In questa trattazione verrà omesso il trattamento delle fratture Lewis e Rorabeck III in quanto meritevoli di revisione della componente protesica non oggetto di questo capitolo.

Placche a stabilità angolare

La suddivisione pratica della classificazione di Lewis e Rorabeck in tipo I e II è storicamente legata alla presenza di placche non a stabilità angolare il cui utilizzo determinava un outcome inferiore rispetto al trattamento conservativo.

L'introduzione dal 2000 delle placche a stabilità angolare ad angolo fisso e successivamente dal 2005 delle placche VA (variable angle) ha garantito una distribuzione delle viti adeguata attraverso i frammenti di frattura. È raccomandato l'interessamento di circa 8 corticali prossimali e distali al focolaio di frattura. La distribuzione del carico di lavoro su placca può essere ridotto dalla scelta della lunghezza della placca; questa viene valutata in relazione alla comminuzione del focolaio di frattura e tipologia di stabilità della sintesi in sede di pianificazione preoperatoria. L'utilizzo di placca a stabilità angolare laterale è generalmente indicato per fratture distali, comminuzione metafisaria, osso osteoporotico severo e componente protesica femorale che non consente il passaggio di un chiodo retrogrado ⁸.

Nelle fratture di tipo I sec. Lewis e Rorabeck,

con dislocazione inferiore ai 5 mm e rotazione inferiore ai 5°, la tecnica mininvasiva (MIPO) rappresenta attualmente l'approccio preferibile nella maggior parte dei casi. Il principio fondamentale consiste nel preservare la biologia della frattura evitando un'eccessiva devascolarizzazione. La riduzione deve mirare principalmente al ripristino dell'asse, della lunghezza e della rotazione. Nelle fratture tipo II sec. Lewis e Rorabeck, con scomposizione maggiore di 5 mm e rotazione superiore a 5° ed in presenza di frattura pluriframmentaria può essere necessario un accesso diretto al focolaio di frattura per ottenere la riduzione dei frammenti. Nei casi di rima di frattura così distale da non garantire l'adeguato posizionamento di viti nel frammento distale con un'unica placca laterale, è necessario associare una placca mediale così da ottenere una corretta stabilità della fissazione attraverso il frammento di frattura distale. L'utilizzo di placca aggiuntiva mediale è oltretutto indicato nei casi di comminuzione ossea mediale. La stabilità mediale assume in questi casi una particolare importanza: la perdita del supporto mediale aumenta infatti significativamente il rischio di collasso in varo e fallimento meccanico dell'impianto laterale. In un paziente già sottoposto in precedenza a impianto di una Protesi Totale Ginocchio, la morbidità della via di accesso necessario per eseguire un'osteosintesi mediale aggiuntiva rappresenta una sfida per il chirurgo poiché sono già presenti almeno due accessi chirurgici a causa dell'impianto della protesi e dell'inserimento della placca laterale. Il trauma iatrogeno dei tessuti molli dovrebbe essere mantenuto il più ridotto possibile per evitare un'ulteriore compromissione della guarigione della frattura e della vascolarizzazione cutanea. In questa situazione complessa, l'uso di una placca a elica (helix plate) rappresenta una procedura stabile e minimamente invasiva. In commercio esistono poche placche da femore distale mediale, e ancora meno placche elicoidali dedi-

cate: una buona soluzione alternativa sono le placche da omero prossimale. È anche possibile utilizzare una placca retta a stabilità angolare ruotata di circa 90-120° in direzione laterale e successivamente modellata in base all'anatomia del femore del singolo paziente. La placca può essere inserita sotto la muscolatura del comparto anteriore del femore attraverso un piccolo accesso mediale in corrispondenza del femore distale. Le viti possono essere inserite nell'estremità prossimale della placca attraverso l'accesso già esistente dell'osteosintesi laterale. È importante notare che le placche non devono terminare allo stesso livello in sede prossimale per evitare un punto di eccessiva variazione di rigidità ossea ⁹.

Chiodo endomidollare retrogrado

Il chiodo retrogrado rappresenta una soluzione estremamente efficace nelle corrette condizioni. Il principale vantaggio biomeccanico consiste nel distribuire le forze di carico e riduzione dello stress sull'impianto ⁹. Le indicazioni ideali comprendono: le fratture sovracondiloidee, con dimensione adeguata del segmento distale e componente protesica femorale compatibile con il passaggio del chiodo. Le fratture con rima particolarmente distale non garantiscono il posizionamento delle viti distali del chiodo e la stabilità dei frammenti principali di frattura. Lo scudo femorale deve presentare un box aperto così da garantire il passaggio della porzione con diametro maggiore del chiodo endomidollare. A tale scopo in letteratura esistono tabelle che riportano la compatibilità del design protesico con l'utilizzo di un chiodo endomidollare e dimensioni del box dei principali modelli protesici con i corrispondenti diametri di chiodi utilizzabili ¹⁰. Dal punto di vista tecnico, il corretto punto d'ingresso è fondamentale per evitare malallineamenti in varo o recurvato. I moderni design dei chiodi endomidollari con bending

della porzione distale e configurazioni di bloccaggio multiplanare distale permettono rispettivamente di ridurre il rischio di recurvato e migliorare significativamente la stabilità rotazionale e la tenuta nel frammento distale.

Sintesi combinate

Negli ultimi anni si è diffuso l'utilizzo di costrutti combinati mediante associazione di chiodo retrogrado e placca laterale. Questa strategia trova indicazione nei casi biomeccanicamente più complessi, come grave osteoporosi, fratture pluriframmentarie, pseudoartrosi o fallimenti precedenti ¹¹.

L'associazione dei due sistemi incrementa la stabilità torsionale e la resistenza dei mezzi di sintesi allo stress, consentendo in molti casi un carico più precoce. La recente letteratura ha evidenziato come il costrutto placca-chiodo rappresenti una delle evoluzioni più interessanti nel trattamento delle fratture periprotetiche complesse. L'integrazione tra supporto endomidollare e stabilità angolare laterale consente infatti di migliorare la distribuzione dei carichi riducendo il rischio di fallimento meccanico, soprattutto nei pazienti con osso severamente osteoporotico. Parallelamente, i dati più recenti confermano che la scelta tra placca a stabilità angolare e chiodo retrogrado non dovrebbe essere interpretata in termini assoluti ma modulata sul pattern di frattura, sulla qualità ossea e sulla compatibilità dell'impianto protesico. Vi sono infatti risultati sostanzialmente comparabili in termini di consolidazione e complicanze maggiori quando entrambe le tecniche vengono utilizzate nelle corrette indicazioni cliniche ¹². Attualmente l'utilizzo di *bone graft* (stecca d'osso, mediale in contrapposizione alla placca o anteriore) viene preferito prevalentemente nelle revisioni del fallimento di osteosintesi di fratture periprotetiche, con una funzione di supporto biologico e meccanico nei pazienti anziani.

FRATTURE DELLA TIBIA

Le fratture tibiali periprotetiche sono meno frequenti, ma spesso tecnicamente difficili. La classificazione di Felix distingue le fratture in relazione alla sede e alla stabilità della componente tibiale ¹³. Saranno oggetto di trattazione i sottotipi A e C con componente tibiale stabile e non mobilizzata classificata piuttosto come sottotipo B.

- Tipo I: fratture che interessano parzialmente la tibia prossimale con coinvolgimento dell'interfaccia componente-osso.
- Tipo II: frattura interessante la regione metafisaria e lo stelo protesico.

Le fratture Tipo I e II non scomposte possono essere trattate conservativamente, o in alternativa si può optare per un trattamento chirurgico con placca e viti per concedere una mobilizzazione e un carico precoce.

- Tipo III: distali all'impianto protesico, pertanto, meritevoli di riduzione e sintesi con placca e viti. Considerate come fratture diafisarie della tibia.
- Tipo IV: coinvolgimento della tuberosità tibiale anteriore con compromissione dell'apparato estensore: vanno trattate chirurgicamente mediante sintesi con viti o placca.

Le placche a stabilità angolare rappresentano il sistema più utilizzato. La presenza dello stelo tibiale e del cemento rende tuttavia spesso complesso il posizionamento delle viti. In questi casi risultano utili sistemi VA, viti divergenti e tecniche supplementari di fissazione. Nei casi di fratture Tipo IV sec. Felix il protocollo riabilitativo deve prevedere limitazione iniziale della flessione ed evitare estensione attiva contro resistenza, a protezione dell'apparato estensore, fino a consolidazione del focolo.

FRATTURE DELLA ROTULA

Le fratture periprotetiche della rotula sono meno frequenti rispetto a quelle di femore e della tibia, e costituiscono una problematica

distinta. Il principale elemento decisionale è rappresentato dall'integrità dell'apparato estensore. Fattori di rischio includono uno spessore rotuleo in seguito a protesizzazione < 15 mm, un malallineamento con sublussazione rotulea, la devascolarizzazione rotulea in seguito a release laterale, e l'uso di componenti non cementate o protesi con singolo peg.

La classificazione di Ortiguera e Berry rimane la più utile nella pratica clinica ¹⁴.

- Tipo I: apparato estensore integro e componente rotulea.

Trattate tipicamente in maniera conservativa.

- Tipo II: interruzione dell'apparato estensore con o senza perdita della componente protesica

In presenza di componente stabile, l'interruzione dell'apparato estensore può essere trattata con sintesi della rotula.

- Tipo III: componente rotulea mobilizzata senza interruzione dell'apparato estensore

Meritevole di revisione della componente rotulea anche in relazione allo spessore della rimanente rotula.

Nei casi associati a mal rotazione delle componenti femorale o tibiale è fondamentale correggere il malallineamento protesico poiché l'errato tracking rotuleo rappresenta uno dei principali fattori predisponenti. La sintesi rotulea presenta elevati tassi di complicanze a causa della scarsa qualità ossea residua e della ridotta vascolarizzazione. Nei casi con grave perdita ossea possono rendersi necessarie procedure di patelloplastica, *augment* metallici o nei casi estremi patellectomia.

FRATTURE PERIPROTESICHE DEL GINOCCHIO: QUANDO LA SINTESI NON È INDICATA

Il chirurgo deve riconoscere i limiti della sintesi. La presenza di grave perdita ossea, frammenti non ricostruibili, mobilizzazione

dell'impianto o fallimenti multipli precedenti può rendere inaffidabile qualsiasi tentativo di osteosintesi. In tali situazioni le opzioni più affidabili comprendono revisione con stelo lungo o protesi da grandi resezioni.

Sebbene si tratti di procedure gravate da elevata complessità chirurgica e rischio di complicanze, la possibilità di consentire il carico immediato rappresenta un vantaggio fondamentale nei pazienti fragili. Le più recenti revisioni sistematiche hanno evidenziato come il Distal Femoral Replacement possa offrire risultati funzionali soddisfacenti in pazienti selezionati soprattutto quando il rischio di fallimento della sintesi risulti elevato.

Il moderno algoritmo terapeutico tende quindi a personalizzare la scelta tra sintesi e sostituzione distale di femore sulla base di tre elementi fondamentali: stabilità dell'impianto, sintesi della frattura e riserva funzionale del paziente.

CASO CLINICO

La rigidità articolare rappresenta una delle complicanze più frequenti dopo impianto di protesi totale del ginocchio (PTG), con un'incidenza riportata in letteratura compresa tra l'1% e il 6%. Nei casi refrattari al trattamento riabilitativo può rendersi necessaria una mobilizzazione in anestesia (Manipulation Under Anesthesia, MUA), procedura finalizzata al recupero del range di movimento articolare e al miglioramento della funzione mediante successivo programma fisioterapico intensivo. Il ricorso a tale procedura interessa circa l'1-5% dei pazienti sottoposti a PTG. Il caso in oggetto riguarda un paziente affetto da gonartrosi primaria di grado IV secondo la classificazione di Kellgren-Lawrence, in morfotipo varo, trattato mediante impianto di protesi totale di ginocchio con tecnica di allineamento meccanico. A circa cinque mesi dall'intervento il quadro clinico risultava caratterizzato da severa rigidità articolare, con un range di movimento attivo compreso tra 10° e 60°, nonostante il trattamento fisio-

rapico eseguito nel periodo postoperatorio. Veniva indicata una procedura di mobilizzazione del ginocchio in anestesia. Durante l'esecuzione della manovra si verificava una frattura periprotetica del femore distale in corrispondenza della componente femorale. Gli accertamenti radiografici e TC eseguiti documentavano una frattura periprotetica sovracondiloidea del femore classificabile come tipo II secondo Lewis e Rorabeck e tipo III secondo Su et al. (Fig. 1).

La componente femorale protesica non presentava evidenti segni di mobilizzazione o perdita di fissazione. Era invece presente una significativa comminuzione della colonna mediale associata a una localizzazione distale del focolaio di frattura.

L'analisi preoperatoria evidenziava come la sola stabilizzazione laterale mediante placca a stabilità angolare non fosse in grado di garantire un adeguato supporto meccanico.

La ridotta estensione del frammento distale limitava infatti le possibilità di fissazione distale, mentre la concomitante perdita del sostegno mediale esponeva a un elevato rischio di collasso in varo e conseguente fallimento dell'osteosintesi. La pianificazione chirurgica ha pertanto tenuto conto sia delle caratteristiche della frattura sia delle condizioni dei tessuti molli. In considerazione della preesistente incisione longitudinale mediana utilizzata per l'impianto protesico e al fine di preservare il più possibile la vascolarizzazione cutanea, è stato preferito un approccio paratrotuleo mediale esteso, evitando la realizzazione di ulteriori accessi separati mediali e laterali. Tale via di accesso ha consentito una completa esposizione della componente femorale protesica permettendone la valutazione diretta della stabilità intraoperatoria e confermando l'assenza di mobilizzazione protesica. Contestualmente è stata eseguita un'ampia artroliasi mediante rimozione dei setti fibrosi intracapsulari responsabili della rigidità, associata allo scollamento delle aderenze del vasto intermedio e del retto femorale dal femore distale.



Figura 1. Radiografia in AP e LL di frattura periprotetica ginocchio sinistro in seguito a sblocco in narcosi (Tipo II sec. Lewis e Rorabeck e Tipo III sec. Su et al.).

L'esposizione ottenuta ha inoltre consentito il controllo diretto delle colonne mediale e laterale del femore distale, permettendo una riduzione accurata della frattura e il trattamento della comminuzione mediale. La sintesi è stata eseguita mediante placche a stabilità angolare in acciaio con utilizzo di viti ad angolo variabile (Fig. 2).



Figura 2. Radiografia in AP e LL di sintesi in frattura periprotetica con placche a stabilità angolare mediale e laterale in acciaio VA.

CONCLUSIONI

La gestione delle fratture periprotetiche del ginocchio richiede oggi un approccio strutturato. La domanda centrale non è semplicemente come eseguire una sintesi ma quando la sintesi rappresenti realmente il trattamento più appropriato.

La stabilità della componente protesica rimane il principale criterio decisionale. In presenza di impianto stabile, la sintesi costituisce il trattamento di scelta nella maggior parte dei casi. Le placche a stabilità angolare rappresentano la soluzione più versatile, soprattutto nelle fratture distali e nell'osso osteoporotico, mentre il chiodo retrogrado mantiene indicazioni precise nelle fratture sovracondiloidee compatibili.

Le tecniche combinate e la doppia placca hanno ampliato le possibilità di sintesi nei casi complessi, consentendo maggiore stabilità e mobilizzazione precoce anche in situazioni biomeccanicamente difficili.

Parallelamente, il chirurgo deve riconoscere i limiti della sintesi. Nelle fratture non sintetizzabili, in presenza di mobilizzazione dell'impianto e grave perdita ossea, le procedure di revisione rappresentano una scelta affidabile.

L'evoluzione delle tecniche di osteosintesi ha migliorato significativamente i risultati clinici ma il successo dipende ancora principalmente da una corretta indicazione, da una pianificazione accurata e dal rispetto dei principi biologici e biomeccanici della sintesi.

Bibliografia

- 1 Kurtz S, Ong K, Lau E, et al. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(4):780-785. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.00222>
- 2 Canton G, Ratti C, Fattori R, et al. Periprosthetic knee fractures. A review of epidemiology, risk factors, diagnosis, management and outcome. *Acta Biomed.* 2017;88(2S):118-128. <https://doi.org/10.23750/abm.v88i2-S.6522>
- 3 Kim KI, Egol KA, Hozack WJ, et al. Periprosthetic fractures after total knee arthroplasties. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;446:167-175. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000214417.29335.19>
- 4 Rorabeck CH, Taylor JW. Classification of periprosthetic fractures complicating total knee arthroplasty. *Orthop Clin North Am.* 1999;30(2):209-214. [https://doi.org/10.1016/S0030-5898\(05\)70075-4](https://doi.org/10.1016/S0030-5898(05)70075-4)
- 5 Su ET, DeWal H, Di Cesare PE. Periprosthetic femoral fractures above total knee replacements. *J Am Acad Orthop Surg.* 2004;12(1):12-20. <https://doi.org/10.5435/00124635-200401000-00003>
- 6 Ehlinger M, Adam P, Abane L, et al. Treatment of periprosthetic femoral fractures of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(9):1473-1478. <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1480-6>
- 7 Morgan-Jones R, Oussedik SI, Graichen H, et al. Zonal fixation in revision total knee arthroplasty. *Bone Joint J.* 2015;97-B(2):147-149. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.97B2.34144>
- 8 Mayr MF, Südkamp NP, Konstantinidis L. Periprosthetic fracture management around total knee arthroplasty. *J Orthop.* 2021;23:239-245. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2020.12.024>
- 9 Liporace FA, Yoon RS. Nail plate combination technique for native and periprosthetic distal femur fractures. *J Orthop Trauma.* 2019;33(2):e64-e68. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001332>
- 10 Thompson SM, Lindsfarne E, Bradley N, et al. Periprosthetic supracondylar femoral fractures above a total knee replacement: compatibility guide for fixation with a retrograde intramedullary nail. *J Arthroplasty.* 2014;29:1639-1641. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2013.07.027>
- 11 Neradi D, Sodavarapu P, Jindal K, et al. Locked plating versus retrograde intramedullary nailing for distal femur fractures: a systematic review and meta-analysis. *Arch Bone Jt Surg.* 2022;10(2):141-152.
- 12 Felix NA, Stuart MJ, Hanssen AD. Periprosthetic fractures of the tibia associated with total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1997;(345):113-124.
- 13 Ortiguera CJ, Berry DJ. Patellar fracture after total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84(4):532-540. <https://doi.org/10.2106/00004623-200204000-00004>
- 14 Hoffmann MF, Jones CB, Sietsema DL, et al. Outcome of periprosthetic distal femoral fractures following knee arthroplasty. *Injury.* 2012;43(7):1084-1089. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2012.01.025>

ARTO INFERIORE: GINOCCHIO

La revisione nelle periprotetiches del ginocchio: quando e come

Francesco Benazzo¹⁻³, Luca Andriollo^{1,2,4}

¹ Ortopedia e Traumatologia, Fondazione Poliambulanza Istituto Ospedaliero, Brescia; ² Brescia Knee Research Group, Fondazione Poliambulanza Istituto Ospedaliero, Brescia; ³ Area Scienze Biomediche, IUSS – Istituto Universitario di Studi Superiori, Pavia; ⁴ Artificial Intelligence Center, Alma Mater Europaea University, Vienna, Austria

INTRODUZIONE

Le fratture periprotetiches associate a protesi totale del ginocchio (PTG) rappresentano una delle complicanze più impegnative della moderna chirurgia ricostruttiva dell'arto inferiore ¹. Il progressivo aumento del numero di artroprotesi impiantate e il costante invecchiamento della popolazione hanno determinato una crescita della loro incidenza, rendendole una problematica di crescente rilevanza clinica.

La gestione di queste lesioni richiede competenze che integrano traumatologia e chirurgia protesica di revisione. A differenza delle fratture dell'osso nativo, la presenza dell'impianto impone la valutazione della stabilità protesica, dello stock osseo residuo e delle possibilità ricostruttive disponibili.

Se storicamente il trattamento era orientato prevalentemente all'osteosintesi, l'evoluzione degli impianti di revisione, dei sistemi modulari e delle megaprotetesi ha ampliato significativamente le indicazioni alla sostituzione protesica. In questo contesto, il quesito fondamentale non è soltanto come trattare la frattura, ma soprattutto quando la revisione rappresenti la scelta più appropriata.

EPIDEMIOLOGIA

Le fratture periprotetiches possono interessare femore, tibia e rotula, ma quelle femorali rappresentano circa il 60-80% dei casi e costituiscono la localizzazione di gran lunga più frequente. L'incidenza delle fratture femorali dopo PTG primaria varia dallo 0,3% al 2,5%, aumentando significativamente nei pazienti sottoposti a revisioni multiple ¹.

Recentemente Minutillo et al. hanno documentato negli Stati Uniti un incremento del 73% delle fratture periprotetiches del ginocchio tra il 2016 e il 2021, con una previsione di crescita superiore al 200% entro il 2032 ². Tali dati confermano come questa patologia sia destinata a rappresentare una sfida sempre più rilevante per i chirurghi che si occupano di revisione articolare.

La popolazione interessata è costituita prevalentemente da pazienti anziani, spesso osteoporotici e pluricomorbidi, nei quali morbidità e mortalità risultano elevate. Le conseguenze cliniche ed economiche sono significative, in considerazione della complessità delle procedure chirurgiche, dei lunghi percorsi riabilitativi e dell'elevato rischio di reintervento.

FATTORI DI RISCHIO

L'eziologia delle fratture periprotetiche è multifattoriale e coinvolge fattori legati al paziente, all'impianto e alla procedura chirurgica.

Tra i fattori correlati al paziente rivestono particolare importanza l'età avanzata, l'osteoporosi, l'artrite reumatoide, la terapia corticosteroidica cronica, le patologie neurologiche e le condizioni che aumentano il rischio di caduta.

Tra i fattori correlati all'impianto, la mobilizzazione protesica e l'osteolisi rappresentano le condizioni maggiormente associate allo sviluppo di una frattura periprotetica. Anche le revisioni multiple costituiscono un importante fattore predisponente per la progressiva perdita di stock osseo.

Infine, tra i fattori tecnici, sono stati chiamati in causa l'anterior femoral notching, il malallineamento protesico, le resezioni ossee eccessive e i fenomeni di *stress shielding* ¹⁵.

DIAGNOSTICA

Una corretta valutazione diagnostica rappresenta il presupposto indispensabile per la pianificazione del trattamento.

L'anamnesi deve indagare il meccanismo traumatico, il livello funzionale pre-infortunio, l'eventuale presenza di dolore cronico suggestivo di mobilizzazione protesica e la storia di precedenti interventi di revisione.

Le radiografie standard in proiezione antero-posteriore e laterale del ginocchio, associate a radiografie complete del femore e della tibia, costituiscono il primo livello diagnostico. L'analisi radiografica deve definire la sede della frattura, il grado di comminuzione, la qualità dello stock osseo e l'eventuale presenza di segni di mobilizzazione protesica o osteolisi.

La tomografia computerizzata (TC) può risultare utile nei casi complessi per una più accurata valutazione della perdita ossea e

dei rapporti tra la frattura e le componenti protesiche.

Nei pazienti candidati a revisione è inoltre fondamentale escludere la presenza di un'infezione periprotetica mediante esami ematochimici e, quando indicato, artrocentesi diagnostica.

CLASSIFICAZIONI

Per le fratture femorali vengono comunemente utilizzate le classificazioni di Lewis-Rorabeck e Su, mentre per le fratture tibiali il sistema di Felix rappresenta il riferimento più diffuso ^{3,4}. Tuttavia, ai fini decisionali il parametro più importante rimane la stabilità della componente protesica.

QUANDO REVISIONARE? IL PROCESSO DECISIONALE

La decisione tra osteosintesi e revisione rappresenta il momento cruciale nella gestione delle fratture periprotetiche del ginocchio. Sebbene i progressi delle tecniche di sintesi abbiano ampliato significativamente le possibilità di trattamento conservativo dell'impianto esistente, esistono numerose situazioni nelle quali la revisione protesica costituisce la soluzione più razionale e affidabile.

Storicamente, il trattamento delle fratture periprotetiche era orientato principalmente alla conservazione dell'impianto mediante osteosintesi. Tale approccio derivava dalla maggiore invasività della chirurgia di revisione e dalla limitata disponibilità di impianti modulari dedicati. L'evoluzione delle tecnologie degli impianti, lo sviluppo di sistemi di revisione sempre più versatili e la crescente esperienza maturata nei centri di riferimento hanno progressivamente modificato questa visione. Attualmente il quesito fondamentale non è più se sia possibile fissare una frattura, ma se la sintesi rappresenti realmente la strate-

Tabella I. Principali criteri utilizzati nel processo decisionale tra osteosintesi e revisione protesica nelle fratture periprotetiche del ginocchio.

Fattore	Osteosintesi	Revisione protesica
Stabilità dell'impianto	Componente stabile	Componente mobilizzata
Stock osseo	Adeguito	Grave perdita ossea (AORI 2B-3)
Morfologia della frattura	Frattura ricostruibile	Comminuzione severa / segmento distale insufficiente
Qualità ossea	Buona-discreta	Osteoporosi severa
Età biologica	Paziente giovane o attivo	Paziente anziano fragile
Necessità di carico immediato	Non essenziale	Prioritaria
Precedenti fallimenti	Assenti	Fallimento di sintesi o pseudoartrosi
Strategia preferenziale	Conservazione dell'impianto	Ricostruzione protesica

gia più vantaggiosa per il singolo paziente. In molti casi una revisione primaria ben pianificata può infatti garantire risultati superiori rispetto a una sintesi destinata ad elevati rischi di fallimento.

La scelta terapeutica deve essere il risultato dell'integrazione di molteplici variabili: stabilità dell'impianto, qualità dello stock osseo, morfologia della frattura, condizioni biologiche del paziente, richieste funzionali e possibilità di ottenere una fissazione sufficientemente stabile.

Sebbene ogni caso debba essere valutato individualmente, alcuni elementi assumono un ruolo determinante nel processo decisionale. I principali fattori che orientano l'indicazione verso l'osteosintesi o la revisione protesica sono riportati nella Tabella I.

La stabilità dell'impianto: il principale criterio decisionale

Tra tutti i fattori che influenzano la scelta terapeutica, la stabilità della componente protesica rappresenta l'elemento più importante.

Una frattura che interessa un impianto stabile e ben osteointegrato può generalmente essere trattata mediante osteosintesi,

purché sia possibile ottenere una riduzione soddisfacente e una stabilità meccanica adeguata.

Al contrario, la presenza di una componente mobilizzata modifica radicalmente il razionale terapeutico. In tale situazione la frattura rappresenta soltanto una parte del problema, mentre la reale causa dell'instabilità dell'arto è costituita dalla perdita di fissazione dell'impianto.

La semplice osteosintesi non corregge questo difetto biomeccanico e risulta pertanto associata a elevati tassi di fallimento. Per questo motivo, nelle classificazioni di Lewis-Rorabeck e Felix, la mobilizzazione della componente rappresenta generalmente un'indicazione alla revisione protesica ^{1,4}.

L'identificazione della mobilizzazione può risultare immediata nei casi caratterizzati da evidenti radiolucenze periprotetiche, migrazione delle componenti o osteolisi estesa. In altre situazioni il riconoscimento può essere più difficile e richiede l'integrazione di dati clinici, radiografici e anamnestici. La presenza di dolore cronico precedente al trauma, progressiva riduzione della funzione articolare o precedenti segni radiografici di osteolisi deve sempre far sospettare una mobilizzazione preesistente.

Lo stock osseo residuo

La qualità e la quantità dell'osso residuo rappresentano il secondo pilastro del processo decisionale.

L'osteosintesi richiede la disponibilità di segmenti ossei sufficientemente robusti per consentire il posizionamento stabile dei mezzi di sintesi. Nelle fratture che si sviluppano in un contesto di grave osteopenia o di marcata osteolisi, la possibilità di ottenere una fissazione affidabile può risultare fortemente limitata.

La perdita ossea assume particolare rilevanza nei pazienti sottoposti a revisioni multiple, nei quali l'erosione metafisaria può compromettere in maniera sostanziale il supporto osseo disponibile.

Quando la perdita ossea è estesa, la revisione permette di bypassare il problema mediante l'utilizzo di steli diafisari, coni metafisari e sistemi modulari di ricostruzione. Queste tecnologie consentono di trasferire il carico a segmenti ossei più affidabili, riducendo la dipendenza dalla guarigione biologica della frattura.

La classificazione AORI (Anderson Orthopaedic Research Institute), sebbene sviluppata per la chirurgia di revisione, risulta particolarmente utile anche nelle fratture periprotetiche⁶. Difetti classificabili come tipo 2B o 3 sono frequentemente associati alla necessità di procedure ricostruttive avanzate e spesso indirizzano verso la revisione protesica.

Morfologia della frattura

Anche il pattern di frattura influenza in maniera significativa la strategia terapeutica.

Le fratture semplici, con adeguata superficie di contatto e buona qualità ossea, possono generalmente essere trattate mediante sintesi.

Viceversa, alcune configurazioni presentano caratteristiche particolarmente sfavorevoli:

- grave comminuzione metafisaria;

- perdita di sostanza ossea;
- frammentazione multifocale;
- estensione articolare;
- localizzazione estremamente distale.

Le fratture molto distali rappresentano una situazione particolarmente critica. In questi casi il segmento osseo residuo può essere insufficiente per consentire il posizionamento di mezzi di sintesi efficaci. Anche in presenza di una componente apparentemente stabile, la revisione può offrire una soluzione più affidabile.

Questo concetto è particolarmente evidente nelle fratture di tipo III secondo Su, nelle quali il frammento distale risulta spesso troppo piccolo per garantire una fissazione stabile³.

Età biologica e fragilità del paziente

La moderna chirurgia delle fratture periprotetiche non può limitarsi all'analisi delle immagini radiografiche.

L'età anagrafica da sola non costituisce un criterio decisionale sufficiente, ma l'età biologica e il livello di fragilità globale del paziente assumono un ruolo sempre più importante.

Nei pazienti anziani e fragili il fallimento della mobilizzazione precoce può determinare conseguenze devastanti:

- perdita dell'autonomia;
- complicanze tromboemboliche;
- infezioni respiratorie;
- decadimento funzionale;
- aumento della mortalità.

In questi soggetti il vantaggio teorico di una sintesi meno invasiva può essere controbalanciato dalla necessità di limitazioni del carico prolungate e dal rischio di mancata consolidazione.

La possibilità di consentire un carico immediato rappresenta uno dei principali vantaggi della revisione mediante impianti stelo-lunghi o megaprotesi.

Per questo motivo, in pazienti molto anziani con grave osteoporosi e fratture altamente comminute, la revisione primaria può costituire una strategia più razionale rispetto a una sintesi complessa e biologicamente incerta.

PIANIFICAZIONE PREOPERATORIA

Una corretta pianificazione rappresenta uno dei principali determinanti del successo chirurgico. Nelle fratture periprotetiche il chirurgo deve essere preparato a gestire scenari intraoperatori spesso diversi da quelli ipotizzati sulla base degli esami preoperatori.

La pianificazione deve iniziare con una valutazione completa della documentazione clinica e radiografica disponibile. Quando possibile è estremamente utile recuperare le radiografie precedenti al trauma e la documentazione relativa all'impianto originario. La conoscenza del modello protesico impiantato permette di anticipare eventuali difficoltà tecniche e di programmare adeguatamente la disponibilità degli strumenti di revisione.

Esclusione dell'infezione

Qualunque revisione protesica deve essere preceduta dall'esclusione di una possibile infezione periprotetica.

L'infezione cronica può infatti manifestarsi con mobilizzazione dell'impianto, osteolisi e fratture patologiche che simulano una semplice frattura traumatica.

Nei pazienti candidati a revisione è fondamentale escludere la presenza di una infezione periprotetica concomitante. La valutazione deve comprendere gli esami sierologici di screening (VES e proteina C reattiva) e, in presenza di sospetto clinico o laboratoristico, l'esecuzione di artrocentesi diagnostica con conta cellulare, percentuale di polimorfonucleati ed esami microbiolo-

gici. L'interpretazione dei risultati dovrebbe essere effettuata secondo i criteri dell'International Consensus Meeting (ICM) per la diagnosi di infezione periprotetica ⁷.

Pianificazione dell'impianto

Un principio fondamentale della chirurgia di revisione consiste nel prepararsi sempre allo scenario peggiore.

In presenza di una frattura potenzialmente associata a mobilizzazione protesica, la sala operatoria dovrebbe disporre di:

- componenti di revisione femorali e tibiali;
- steli di differente lunghezza;
- *augment* modulari;
- coni metafisari;
- sistemi condilo-vincolati (CCK);
- protesi rotating-hinge (RHK);
- sistemi di sostituzione femorale distale.

La mancata disponibilità di tali opzioni può costringere il chirurgo a soluzioni subottimali.

REVISIONE DELLE FRATTURE FEMORALI PERIPROTESICHE

Le fratture periprotetiche del femore distale rappresentano la sede più frequente delle fratture associate a protesi totale del ginocchio. Quando associate a mobilizzazione dell'impianto, grave perdita ossea o comminuzione non ricostruibile, la revisione protesica costituisce spesso la soluzione più affidabile, consentendo di ripristinare stabilità articolare, allineamento e recupero funzionale precoce.

Indicazioni alla revisione femorale

Le indicazioni alla revisione possono essere suddivise in assolute e relative.

Indicazioni assolute

Le indicazioni assolute comprendono:

- mobilizzazione della componente femorale;
- fratture di tipo III secondo Lewis-Rorabeck;
- grave perdita ossea metafisaria;
- fallimento di precedenti osteosintesi;
- pseudoartrosi;
- mobilizzazione associata a osteolisi estesa;
- malposizionamento dell'impianto preesistente.

In queste condizioni la semplice osteosintesi non affronta il problema biomeccanico sottostante e risulta associata a elevati tassi di fallimento.

Indicazioni relative

Le indicazioni relative comprendono:

- grave osteoporosi;
- fratture estremamente distali;
- comminuzione multiframmentaria;
- necessità di carico immediato;
- pazienti anziani fragili.

In tali casi la decisione deve essere individualizzata, valutando il bilancio tra invasività chirurgica e probabilità di successo della sintesi.

Principi della revisione femorale

La chirurgia di revisione nelle fratture periprotetiche deve perseguire alcuni obiettivi fondamentali:

1. ripristino dell'asse meccanico dell'arto;
2. ottenimento di una fissazione stabile e durevole;
3. compensazione della perdita ossea;
4. ripristino della stabilità legamentosa;
5. possibilità di mobilizzazione funzionale precoce.

A differenza dell'osteosintesi, il successo

della revisione dipende in misura minore dalla consolidazione biologica della frattura e maggiormente dalla qualità della ricostruzione protesica.

Questo aspetto assume particolare rilevanza nei pazienti anziani, nei quali il potenziale osteogenetico risulta ridotto e il prolungato scarico può determinare un rapido deterioramento delle condizioni generali.

Tecnica chirurgica

La revisione delle fratture femorali richiede un approccio sistematico.

Dopo l'esposizione articolare viene eseguita una valutazione accurata della stabilità della componente femorale e dell'entità della perdita ossea.

La rimozione dell'impianto deve essere effettuata preservando il più possibile lo stock osseo residuo. Questo passaggio può risultare particolarmente impegnativo nei pazienti con componenti ben fissate ma malposizionate o associate a fratture altamente comminute.

Una volta rimossa la componente, la perdita ossea viene classificata e si procede alla pianificazione della ricostruzione.

La filosofia moderna della revisione prevede la ricostruzione separata di tre zone anatomiche:

- fissazione epifisaria;
- fissazione metafisaria;
- fissazione diafisaria.

L'integrazione della fissazione epifisaria, metafisaria e diafisaria costituisce il principio della zonal fixation, oggi considerato il fondamento biomeccanico della moderna chirurgia di revisione⁸. Questo concetto è stato recentemente quantificato da D'Amato et al., che hanno proposto un sistema di grading basato sulla qualità della fissazione ottenuta nelle tre zone anatomiche, identificando in un punteggio $\geq 1,5$ per ciascun segmento scheletrico la soglia associata a una ridotta incidenza di mobilizzazione asettica⁹.

Gli steli nelle revisioni per frattura periprotetica

L'utilizzo di steli endomidollari rappresenta uno dei cardini della chirurgia di revisione. Gli steli consentono di trasferire il carico oltre la zona di frattura e oltre l'eventuale perdita ossea metafisaria, ottenendo una stabilizzazione immediata del costruito.

In presenza di una frattura periprotetica, lo stelo svolge una duplice funzione:

- stabilizzazione dell'impianto revisionale;
- bypass della zona patologica.

La lunghezza dello stelo deve essere adeguata a superare il focolaio di frattura di almeno due diametri corticali, riducendo il rischio di concentrazione degli stress.

Steli cementati

Gli steli cementati rappresentano una soluzione affidabile nei pazienti anziani con osso osteoporotico e canali midollari ampi.

I principali vantaggi comprendono:

- stabilità immediata;
- fissazione prevedibile;
- ridotta dipendenza dalla qualità ossea.

Tra gli svantaggi figurano:

- difficoltà di un'eventuale futura revisione;
- rischio di *stress shielding*;
- potenziale estrusione del cemento nel focolaio di frattura.

La fissazione completamente cementata viene oggi utilizzata soprattutto nei pazienti con ridotta aspettativa di vita e scarsa qualità ossea.

Steli press-fit

Gli steli non cementati a fissazione diafisaria rappresentano attualmente una delle opzioni più utilizzate.

Il principio biomeccanico consiste nell'ottenere una stabilizzazione attraverso il contatto diretto tra stelo e corticale diafisaria.

I vantaggi includono:

- migliore conservazione dello stock osseo;
- maggiore facilità di futura revisione;
- riduzione dello *stress shielding*.

Gli svantaggi comprendono:

- maggiore sensibilità tecnica;
- rischio di dolore della punta dello stelo;
- necessità di adeguata qualità ossea diafisaria.

Nelle revisioni per fratture periprotetiche molti autori considerano gli steli *press-fit* la soluzione di riferimento quando le condizioni ossee lo consentono.

Fissazione ibrida

La fissazione ibrida combina un ancoraggio diafisario *press-fit* con cementazione metafisaria.

Questa soluzione consente di sfruttare i vantaggi di entrambe le tecniche e rappresenta attualmente una delle strategie più diffuse nei centri di revisione ad alto volume.

Gestione dei difetti ossei

La perdita ossea costituisce uno degli aspetti più complessi della revisione delle fratture periprotetiche.

I difetti possono derivare da:

- osteolisi;
- mobilizzazione dell'impianto;
- precedenti revisioni;
- comminuzione traumatica;
- rimozione dell'impianto.

La ricostruzione deve consentire il ripristino del supporto meccanico e la trasmissione fisiologica dei carichi.

Le moderne strategie comprendono:

- *augment* metallici;
- coni metafisari;
- *allograft* ossei;
- megaprostesi.

Coni metafisari

I coni metafisari in metallo altamente poro-

so rappresentano una delle innovazioni più significative della moderna chirurgia di revisione.

Il loro utilizzo è indicato principalmente nei difetti AORI tipo 2B e 3.

La struttura altamente porosa favorisce l'osteointegrazione biologica e consente la ricostruzione di ampie perdite ossee metafisarie.

De Martino et al. hanno riportato risultati particolarmente incoraggianti utilizzando coni in tantalio per la ricostruzione di gravi difetti ossei: a un follow-up medio di sei anni non sono stati osservati casi di mobilitazione asettica e tutti i coni hanno mostrato segni radiografici di osteointegrazione, con significativo miglioramento dei Knee Society Scores¹⁰. Tali risultati sono stati confermati da Rossi et al. in una serie di 101 revisioni del ginocchio con 139 coni metafisari in tantalio, con un follow-up medio di 7,5 anni, documentando un significativo miglioramento clinico e radiografico, con sopravvivenza dell'impianto del 93,9% a due anni e del 90,2% a cinque e undici anni. Le principali cause di fallimento erano

correlate all'infezione ricorrente piuttosto che alla perdita di fissazione, confermando l'elevata affidabilità della fissazione metafisaria ottenuta mediante coni porosi¹¹.

I principali vantaggi dei coni includono:

- eccellente fissazione metafisaria;
- osteointegrazione prevedibile;
- elevata stabilità primaria;
- possibilità di utilizzo in difetti severi.

I limiti comprendono:

- costo elevato;
- difficoltà di rimozione in caso di re-revisione;
- necessità di adeguata esperienza chirurgica.

Nonostante questi limiti, i coni rappresentano oggi una delle soluzioni più affidabili per la gestione delle perdite ossee metafisarie nelle revisioni complesse.

Livello di vincolo: CCK o RHK?

Una delle decisioni più importanti nella revisione delle fratture femorali riguarda il livello di vincolo dell'impianto.

L'obiettivo è fornire la minima quantità di

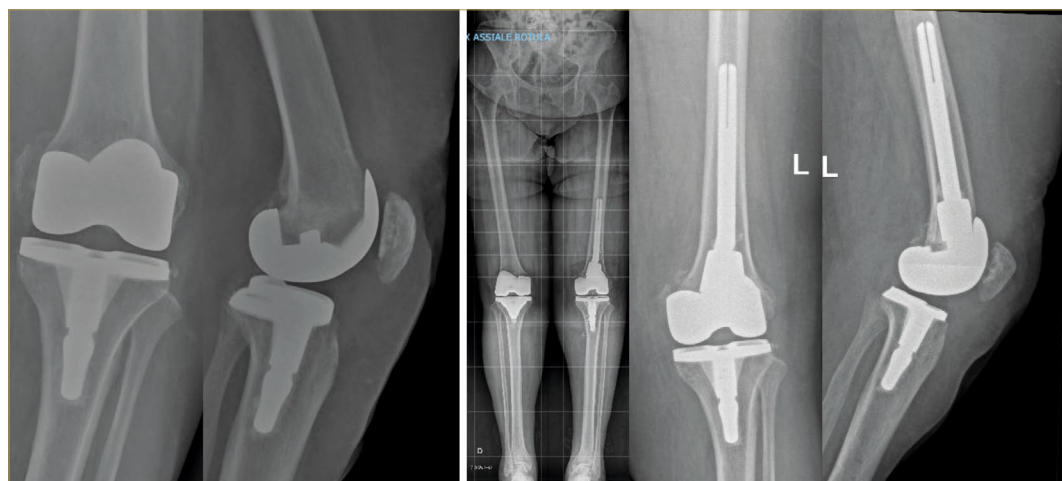


Figura 1. Donna, 78 anni. Frattura periprotetica di femore distale, al condilo mediale. Revisionata la componente femore con utilizzo di cono e stelo lungo non cementato, e utilizzo di inserto CPS.

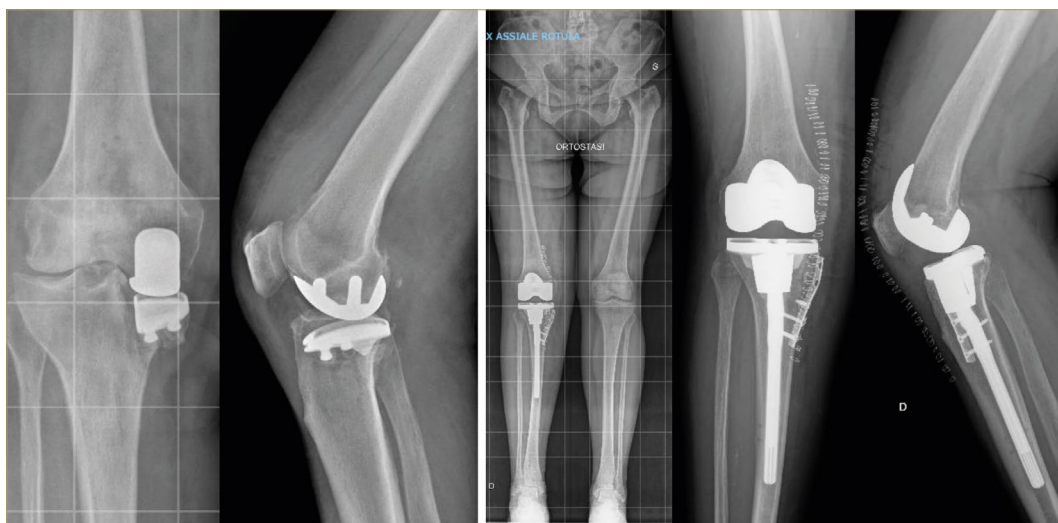


Figura 2. Donna, 74 anni. Frattura periprotetica su impianto monocompartimentale. Revisionata con PRK utilizzando un cono tibiale con stelo lungo e un impianto femorale primario. Medialmente è stato ricostruito il piatto tibiale con osso autologo (dai tagli femorali). È stato utilizzato un inserto PS.

vincolo necessaria a garantire la stabilità articolare.

L'utilizzo di un vincolo eccessivo può aumentare le sollecitazioni trasmesse alle interfacce osso-impianto, mentre un vincolo insufficiente espone al rischio di instabilità. In alcuni casi, come nella Figura 1 e Figura 2, può essere indicato l'utilizzo di inserti da impianto primario.

Protesi condilo-vincolate (CCK)

Le protesi condilo-vincolate rappresentano una delle soluzioni più frequentemente utilizzate nelle revisioni per fratture periprotetiche. Sono indicate quando:

- è presente una moderata insufficienza dei legamenti collaterali;
- è necessaria una maggiore stabilità coronale rispetto a quella fornita da un impianto standard;
- la perdita ossea è moderata;
- l'instabilità articolare è correggibile

senza ricorrere a una cerniera.

I vantaggi includono:

- buona stabilità articolare;
- minore trasmissione degli stress rispetto alle protesi a cerniera;
- risultati clinici consolidati;
- conservazione di una cinematica più fisiologica.

Per questi motivi gli impianti condilo-vincolati rappresentano spesso la prima scelta nelle revisioni femorali complesse quando sia ancora presente un sufficiente supporto legamentoso ¹².

Protesi a cerniera rotante (RHK)

Le protesi a cerniera rotante costituiscono il massimo livello di vincolo disponibile.

Le indicazioni principali comprendono:

- grave insufficienza o incompetenza dei legamenti collaterali;
- grave perdita ossea metafisaria o segmentaria;

- revisioni multiple;
- fratture associate a importante instabilità articolare;
- ricostruzioni mediante megaprotesi o Distal Femoral Replacement (DFR).

I vantaggi includono:

- elevata stabilità articolare;
- possibilità di compensare importanti deficit legamentosi;
- applicabilità nei casi di maggiore complessità ricostruttiva;
- possibilità di mobilizzazione e carico precoci.

Le moderne cerniere rotanti consentono una rotazione assiale controllata che riduce le sollecitazioni torsionali trasmesse alle interfacce osso-impianto rispetto ai vecchi modelli a cerniera fissa.

Negli ultimi anni il loro impiego è aumentato significativamente grazie al miglioramento dei risultati clinici e della sopravvivenza degli impianti. Tuttavia, il loro utilizzo dovrebbe essere riservato ai casi nei quali livelli

inferiori di vincolo non consentirebbero una stabilità adeguata ¹³.

DISTAL FEMORAL REPLACEMENT E MEGAPROTESI

L'introduzione delle megaprotesi modulari ha profondamente modificato l'approccio terapeutico alle fratture periprotetichesche più complesse del femore distale. Sebbene inizialmente sviluppate per la chirurgia oncologica muscoloscheletrica, questi impianti hanno progressivamente trovato applicazione nella chirurgia ricostruttiva non oncologica, in particolare nella gestione delle gravi perdite ossee associate a revisioni protesiche multiple, pseudoartrosi, fallimenti di osteosintesi e fratture periprotetichesche non ricostruibili.

Negli ultimi anni il DFR è divenuto una delle opzioni più importanti nelle revisioni

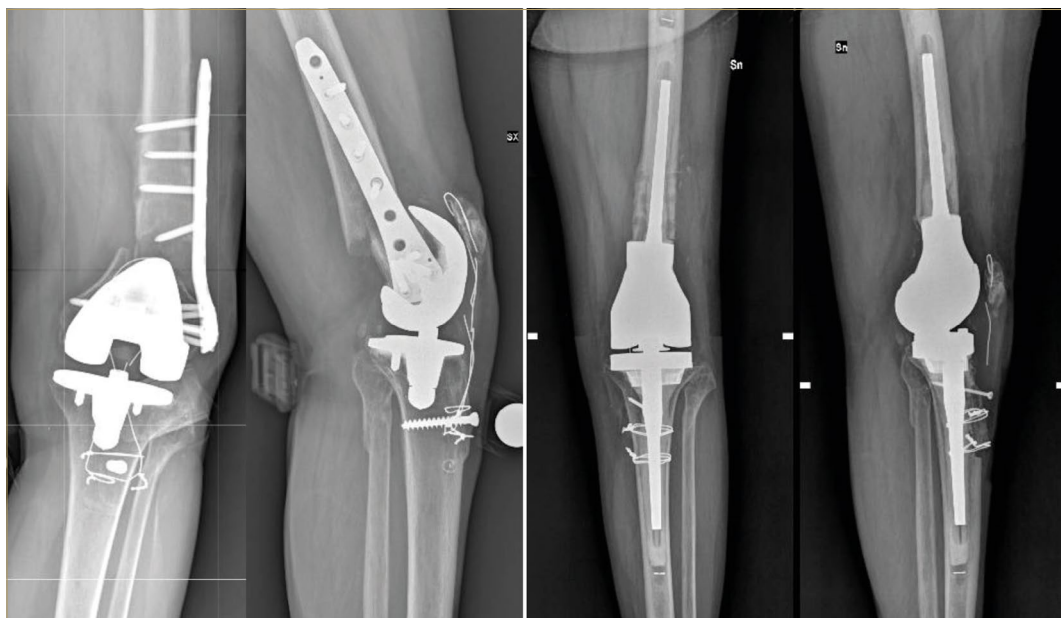


Figura 3. Uomo, 72 anni. Fallimento della sintesi femorale, in esiti di frattura periprotetica del ginocchio. Revisionato con megaprotesi, previa ri-osteotomia tibiale.

post-frattura. L'evoluzione dei sistemi modulari, il miglioramento delle superfici di fissazione e l'aumentata esperienza dei centri specializzati hanno consentito di ampliare progressivamente le indicazioni di questa procedura.

La filosofia del DFR è radicalmente diversa rispetto a quella dell'osteosintesi o della revisione convenzionale. Invece di affidarsi alla guarigione biologica della frattura, il segmento osseo compromesso viene sostituito mediante una ricostruzione protesica che ripristina immediatamente la continuità meccanica dell'arto.

Nella Figura 3 è riportato un esempio di megaprotesi femorale.

Indicazioni al Distal Femoral Replacement

L'indicazione ideale al DFR è rappresentata dalla presenza di una frattura periprotetica femorale associata a condizioni che rendono improbabile il successo di una ricostruzione convenzionale.

Le principali indicazioni comprendono:

- fratture di tipo III secondo Su;
- fratture di tipo III secondo Lewis-Rorabeck;
- mobilizzazione della componente femorale associata a grave perdita ossea;
- comminuzione metafiso-epifisaria non ricostruibile;
- fallimento di precedenti osteosintesi;
- pseudoartrosi;
- perdita massiva di stock osseo femorale;
- revisioni multiple con insufficiente supporto osseo residuo.

In queste situazioni il tentativo di ottenere una sintesi o una revisione convenzionale può risultare biomeccanicamente precario e associato a elevati tassi di complicanze. Il DFR trova particolare indicazione nel pa-

ziente anziano fragile, nel quale la possibilità di carico immediato e mobilizzazione precoce può ridurre il rischio di complicanze sistemiche e favorire il recupero dell'autonomia.

Limiti e complicanze

Nonostante gli indubbi vantaggi, il DFR rimane una procedura altamente impegnativa, generalmente riservata a pazienti complessi e caratterizzati da importanti deficit ossei e funzionali. Le principali cause di fallimento comprendono l'infezione periprotetica, che rappresenta la complicanza più frequente, la mobilizzazione asettica e le complicanze meccaniche legate all'usura dei meccanismi articolari o alle elevate sollecitazioni trasmesse all'impianto.

Un ulteriore limite è rappresentato dalla complessità degli eventuali interventi di re-revisione, che risultano tecnicamente impegnativi e spesso associati a risultati inferiori rispetto alla procedura primaria. Nonostante ciò, nelle corrette indicazioni il DFR rappresenta oggi una delle soluzioni più affidabili per il trattamento delle fratture periprotetiche femorali non ricostruibili, consentendo il recupero funzionale e la mobilizzazione precoce anche nei pazienti più fragili.

Risultati clinici

La letteratura disponibile è costituita prevalentemente da studi retrospettivi e serie monocentriche.

Windhager et al. hanno analizzato la letteratura disponibile sulle megaprotesi utilizzate nelle fratture periprotetiche del ginocchio, riportando complessivamente 144 casi. I tassi di revisione variavano tra 0% e 55%, mentre l'infezione rappresentava la principale causa di fallimento non meccanico. Gli

autori hanno concluso che le megaprotesi costituiscono una valida opzione nelle fratture femorali di tipo III secondo Su e nelle fratture tibiali associate a mobilizzazione della componente protesica ¹⁴.

Nonostante la variabilità dei risultati riportati, la maggior parte delle esperienze concorda nel riconoscere il DFR come una procedura di salvataggio affidabile quando le tecniche ricostruttive convenzionali non risultano praticabili.

REVISIONE DELLE FRATTURE TIBIALI PERIPROTESICHE

Le fratture tibiali periprotetiche rappresentano una condizione relativamente rara rispetto alle fratture femorali, ma possono essere associate a importanti difficoltà ricostruttive.

L'incidenza riportata in letteratura varia generalmente tra lo 0,4% e l'1,7% delle artroprotesi del ginocchio.

La classificazione di Felix rimane il sistema di riferimento per la descrizione di tali lesioni e mantiene un importante valore terapeutico. Come per le fratture femorali, la stabilità della componente protesica costituisce il principale fattore decisionale.

Fratture con componente stabile

Le fratture associate a una componente tibiale stabile possono generalmente essere trattate mediante osteosintesi.

Le moderne placche bloccate consentono una stabilizzazione efficace anche in presenza di osso osteoporotico.

L'obiettivo consiste nel preservare l'impianto esistente evitando una procedura di revisione non necessaria.

Fratture con componente mobilizzata

La presenza di una componente tibiale mobilizzata modifica completamente l'approccio terapeutico.

In queste situazioni la revisione rappresenta il trattamento di scelta.

Gli obiettivi della procedura comprendono:

- rimozione della componente instabile;
- ricostruzione dei difetti ossei;
- ottenimento di una fissazione stabile;
- ripristino dell'allineamento.

La revisione viene generalmente eseguita mediante componenti tibiali con steli lunghi associati, quando necessario, a coni metafisari o *augment* metallici.

Gestione dei difetti ossei tibiali

La perdita ossea tibiale può rappresentare uno degli aspetti più complessi della ricostruzione.

I difetti contenuti possono essere trattati mediante:

- cemento;
- *augment* metallici;
- innesti ossei.

Nei difetti più severi risultano particolarmente utili:

- coni metafisari;
- *allograft* ossei.

La scelta della tecnica dipende dall'entità del difetto e dall'esperienza del chirurgo.

FRATTURE PERIPROTESICHE DELLA ROTULA

Le fratture periprotetiche della rotula rappresentano una condizione relativamente rara. Il trattamento dipende dalla stabilità della componente rotulea, dall'integrità dell'apparato estensore e dalla quantità di osso residuo. In presenza di componente

stabile e apparato estensore integro il trattamento conservativo è generalmente preferibile; nei casi associati a mobilitazione della componente o insufficienza dell'apparato estensore può essere necessaria una procedura di revisione o ricostruzione ⁵.

CONSIDERAZIONI FINALI

Le megaprotesi e il DFR hanno profondamente modificato il panorama terapeutico delle fratture periprotetiche più complesse. Parallelamente, l'evoluzione delle tecniche di revisione tibiale e delle procedure ricostruttive dell'apparato estensore ha ampliato significativamente le possibilità di trattamento.

La disponibilità di queste opzioni consente oggi di affrontare con successo quadri clinici che fino a pochi anni fa erano considerati quasi intrattabili. Tuttavia, la loro corretta indicazione richiede una profonda conoscenza della biomeccanica articolare, delle tecniche di revisione e delle caratteristiche biologiche del paziente.

La scelta terapeutica deve sempre essere guidata dal principio fondamentale che governa l'intera gestione delle fratture periprotetiche: ottenere la soluzione più affidabile e prevedibile per il singolo paziente, piuttosto che perseguire a ogni costo la conservazione dell'impianto esistente.

PROSPETTIVE FUTURE

L'aumento previsto dell'incidenza delle fratture periprotetiche renderà sempre più importante lo sviluppo di strategie terapeutiche dedicate.

Le principali aree di evoluzione comprendono:

- miglioramento dei materiali porosi osteointegrabili;
- sviluppo di impianti modulari sempre più versatili;

- personalizzazione delle ricostruzioni mediante tecnologie additive;
- utilizzo di pianificazione tridimensionale e stampa 3D;
- ottimizzazione dei percorsi perioperatori per i pazienti fragili.

L'integrazione tra traumatologia e chirurgia protesica di revisione rappresenterà sempre più un elemento essenziale nella formazione degli ortopedici che si occupano di questa patologia.

CONCLUSIONI

La scelta terapeutica deve essere guidata principalmente dalla stabilità dell'impianto, dalla qualità dello stock osseo e dalle caratteristiche del paziente. Sebbene l'osteosintesi mantenga un ruolo fondamentale nelle fratture associate a componenti stabili, la revisione protesica rappresenta il trattamento di scelta in presenza di mobilitazione dell'impianto, grave perdita ossea o configurazioni non ricostruibili.

L'introduzione di steli diafisari, coni metafisari, impianti ad elevato vincolo e megaprotesi ha ampliato significativamente le possibilità ricostruttive, consentendo di affrontare con successo situazioni che fino a pochi anni fa erano considerate prive di soluzioni efficaci.

La corretta indicazione chirurgica rimane tuttavia il principale determinante del risultato finale. In questo contesto, il vero obiettivo non è semplicemente trattare una frattura, ma restituire al paziente un'articolazione stabile, funzionale e durevole, capace di garantire il recupero della migliore qualità di vita possibile.

Bibliografia

- ¹ Rorabeck CH, Taylor JW. Periprosthetic fractures of the femur complicating total knee arthroplasty. *Orthop Clin North Am* 1999;30:265-277. [https://doi.org/10.1016/s0030-5898\(05\)70081-x](https://doi.org/10.1016/s0030-5898(05)70081-x)

- ² Minutillo GT, Karnuta JM, Koressel J, et al. Fixation or Revision for Periprosthetic Fractures: Epidemiology, New Trends, and Projections in the United States. *J Bone Joint Surg Am* 2024;106:1054-1061. <https://doi.org/10.2106/JBJS.23.00868>
- ³ Su ET, DeWal H, Di Cesare PE. Periprosthetic femoral fractures above total knee replacements. *J Am Acad Orthop Surg* 2004;12:12-20. <https://doi.org/10.5435/00124635-200401000-00003>
- ⁴ Felix NA, Stuart MJ, Hanssen AD. Periprosthetic fractures of the tibia associated with total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1997;345:113-124.
- ⁵ Ortiguera CJ, Berry DJ. Patellar fracture after total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84:532-540. <https://doi.org/10.2106/00004623-200204000-00004>
- ⁶ Engh GA, Ammeen DJ. Bone loss with revision total knee arthroplasty: defect classification and alternatives for reconstruction. *Instr Course Lect* 1999;48:167-175.
- ⁷ Parvizi J, Gehrke T, Chen AF. Proceedings of the International Consensus on Periprosthetic Joint Infection. *Bone Joint J* 2013;95-B:1450-1452. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.95B11.33135>
- ⁸ Morgan-Jones R, Oussedik SI, Graichen H, Haddad FS. Zonal fixation in revision total knee arthroplasty. *Bone Joint J* 2015;97-B:147-149. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.97B2.34547>
- ⁹ D'Amato M, Flevas DA, Salari P, et al. A novel quantitative grading system for implant fixation in revision total knee arthroplasty. *Bone Joint J* 2024;106-B:468-474. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.106B5.BJJ-2023-0944.R1>
- ¹⁰ De Martino I, De Santis V, Sculco PK, et al. Tantalum Cones Provide Durable Mid-term Fixation in Revision TKA. *Clin Orthop Relat Res* 2015;473:3176-3182. <https://doi.org/10.1007/s11999-015-4338-2>
- ¹¹ Rossi SMP, Perticarini L, Ghiara M, et al. High survival rate at mid-term follow up of porous tantalum cones for bone defects in revision total knee replacement: A 3-11 years follow up report. *Knee* 2022;35:175-182. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2022.03.007>
- ¹² Barrack RL. Evolution of the rotating hinge for complex total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2001;392:292-299. <https://doi.org/10.1097/00003086-200111000-00038>
- ¹³ Springer BD, Hanssen AD, Sim FH, et al. The kinematic rotating hinge prosthesis for complex knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2001;392:283-291. <https://doi.org/10.1097/00003086-200111000-00037>
- ¹⁴ Windhager R, Schreiner M, Staats K, et al. Megaprotheses in the treatment of periprosthetic fractures of the knee joint: indication, technique, results and review of literature. *Int Orthop* 2016;40:935-943. <https://doi.org/10.1007/s00264-015-2991-4>
- ¹⁵ Haddad FS, Masri BA, Garbuz DS, et al. The prevention of periprosthetic fractures in total knee and hip arthroplasty. *Orthop Clin North Am* 1999;30:191-207. [https://doi.org/10.1016/s0030-5898\(05\)70074-2](https://doi.org/10.1016/s0030-5898(05)70074-2)

FOCUS ON: FRATTURE PERIPROTESICHE

Terapie adiuvanti? Quali? Quando? Come? Per quanto tempo?

Francesco Rifino, Maria Tucci, Saverio Calculli, Giuseppe Solarino

Azienda Ospedaliero Universitaria Policlinico di Bari, Dipartimento DiBrain, UOC Ortopedia e Traumatologia, Bari

LE FRATTURE PERIPROTESICHE

Le fratture periprotetiches rappresentano la quarta causa di revisione e la loro incidenza è in costante crescita a causa del sempre maggior numero di protesi impiantate all'anno, dell'allungamento dell'aspettativa di vita, ma anche dell'allargamento delle indicazioni alla sostituzione protesica e, in parte, dell'aumento degli interventi di revisione che interessano pazienti sempre più anziani e con una scarsa qualità ossea.

La difficoltà nella gestione delle fratture periprotetiches è legata non solo alla presenza dell'impianto protesico, con tutte le conseguenze che ne derivano, ma soprattutto alla "fragilità" del paziente geriatrico. Una volta individuate le problematiche di carattere generale, si procede alla classificazione della frattura periprotetica e alla scelta del trattamento.

La gestione delle fratture periprotetiches si basa fondamentalmente sui seguenti principi:

- localizzazione della frattura, ovvero se la frattura interessi l'osso in corrispondenza dell'impianto o sia distante rispetto all'impianto;
- stabilità dell'impianto, quindi se l'interfac-

cia osso/impianto sia stabile anche dopo il trauma;

- adeguatezza del *bone stock* e qualità dell'osso di supporto all'impianto; ovvero se il *bone stock* sia sufficiente a permettere la sintesi della frattura, o se sia necessaria una maggiore ricostruzione ossea.

Al fine di avere un'idea univoca sull'identificazione della frattura, nel 1995 Duncan e Masri hanno messo a punto una classificazione meglio nota come Classificazione di Vancouver, che soddisfa i principi sopra elencati. Si tratta di una distinzione topografica delle fratture periprotetiches del femore che, classicamente, divide le fratture in 3 tipi:

- Tipo A: regione trocanterica:
 - AG: grande trocantere;
 - AL: piccolo trocantere.
- Tipo B: attorno o subito al di sotto dello stelo:
 - B1: lo stelo è stabile;
 - B2: lo stelo è instabile;
 - B3: lo stelo è instabile e vi è perdita di sostanza ossea.
- Tipo C: molto al di sotto dello stelo.

Gli autori hanno ampliato la Classificazione di Vancouver (aggiungendo il tipo D, E ed F), unendo il sistema della AO/OTA Fracture and Dislocation Classification. Il sistema UCS (Unified Classification System) è ap-

plicabile a tutte le fratture periprotetiche. L'obiettivo della gestione di questi pazienti è il ritorno nel più breve tempo possibile alle normali attività. È dunque una tipologia di frattura che richiede un'equipe multidisciplinare che includa chirurghi ortopedici, geriatri, fisiatristi e fisioterapisti. Tra le complicanze di questo tipo di fratture ricordiamo i ritardi di consolidazione e le pseudoartrosi, oltre alle consolidazioni viziose. Da qui la necessità spesso di ricorrere agli innesti ossei (es. stecca di osso contrapposta alla placca è la strategia più frequente) per un supporto meccanico e biologico.

D'altra parte, di *bone graft* si parlava già nel secolo scorso; fu Vittorio Putti, infatti, che nel 1912 introdusse, durante 7° congresso nazionale della SIOT a Roma, quelli che erano i principi fondamentali da eseguire nei trapianti ossei in quel periodo ¹; infatti suggeriva che il graft di prima scelta dovesse essere quello autologo, poi quello allogenico e, infine, quello eterologo. Inoltre, specificava l'importanza dell'asepsi sia del sito ricevente che del graft donato, sottolineando l'importanza delle sollecitazioni meccaniche sul neoimpianto per una migliore integrazione.

DA IERI A OGGI: COS'È CAMBIATO?

Nei primi del 1900 e fino a qualche anno fa si parlava distintamente di meccanica e di biologia. Oggi si parla di Ortobiologia, un settore innovativo della medicina rigenerativa che consente un nuovo approccio terapeutico finalizzato alla rigenerazione biologica del tessuto, anziché alla sua sola sostituzione. Infatti, i sostituti ossei di nuova generazione a nostra disposizione non fungono più solo da supporto (

) alla neoformazione del tessuto, ma veicolano anche uno stimolo biomolecolare

che possiede capacità sia osteoinduttive (induce cellule di diverse linee a diventare cellule osteogeniche) che osteoconduttive (gli *scaffolds* provvedono alla migrazione di cellule osteoindutibili, come cellule mesenchimali, per indurre la rigenerazione di nuovo tessuto osseo) ¹.

BIOFISICA CLINICA

La guarigione di una frattura periprotetica è generalmente più difficile rispetto a quella di una frattura convenzionale. I pazienti che sviluppano questo tipo di lesione sono spesso anziani, presentano osteoporosi, ridotta qualità ossea, pluripatologie o condizioni metaboliche che compromettono la capacità rigenerativa del tessuto. Inoltre, la presenza della protesi modifica la distribuzione dei carichi meccanici e riduce la disponibilità di superficie ossea vitale, creando un ambiente biologico meno favorevole alla rigenerazione. In questo scenario, qualsiasi trattamento in grado di stimolare la formazione di nuovo osso e/o migliorare la qualità della guarigione assume un interesse clinico rilevante.

Un ruolo importante per questo tipo di lesioni complesse è svolto dalla Stimolazione Biofisica. La Stimolazione Biofisica è una branca della scienza nota come Biofisica Clinica, che studia l'interazione tra le energie fisiche non-ionizzanti e l'organismo, al fine di modulare le sue reazioni biologiche locali e generali mediante metodi e teorie proprie della fisica.

Gli effetti biologici di questi stimoli sono legati a specifici parametri fisici impiegati: solo una corretta combinazione tra frequenza, ampiezza, forma d'onda del segnale e durata di trattamento, opportunamente studiati, darà l'effetto terapeutico desiderato ². La Stimolazione Biofisica utilizza specifici stimoli fisici, applica i principi fondamentali della ricerca farmacologica e ne adotta le metodiche; in particolare studia la specifi-

cità dei segnali, ne indaga il meccanismo d'azione, le vie metaboliche interessate e ne valuta l'impiego in tutte quelle condizioni patologiche in cui il meccanismo d'azione individuato è rilevante per la cura. L'impiego in ambito ortopedico e traumatologico della Stimolazione Biofisica è stato codificato dapprima nel 2005 negli USA dalla American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS) per la traumatologia (Symposium of Physical Regulation of Skeletal Repair) e dopo 10 anni in Italia, con una monografia completamente dedicata alla biofisica ortopedica e traumatologica nella pratica clinica, ampliando così il campo di interesse anche all'ortopedia. Questo percorso di consolidamento delle evidenze scientifiche e cliniche trova una sintesi autorevole nella review pubblicata nel 2020 sul Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, dal titolo "Pulsed Electromagnetic Field Stimulation of Bone Healing and Joint Preservation: Cellular Mechanisms of Skeletal Response"³. L'utilizzo di questi sistemi biofisici non invasivi, senza effetti collaterali e con ampia validazione scientifica, è stato riconosciuto da una importante rivista di farmacologia come New Soft Pharmacology, ossia una nuova farmacologia priva di effetti collaterali che può essere utilizzata da sola per attivare e favorire la riparazione e l'attività anabolica dei tessuti o in combinazione con altri trattamenti (chirurgici, farmacologici, fisioterapici, riabilitativi) per potenziarne l'efficacia o ridurre i potenziali effetti collaterali⁴.

Tre sono i sistemi biofisici riconosciuti dalla letteratura internazionale: la metodica Induttiva (PEMF, Pulsed Electromagnetic Field), la metodica Capacitiva (CCEF, Capacitively Coupling Electric Field) e la metodica a Ultrasuoni (LIPUS, Low Intensity Pulsed Ultrasound). I PEMF rappresentano la tecnologia che ha suscitato il maggiore interesse nel trattamento delle fratture periprotetiche. Il loro impiego si è infatti distin-

to nell'ambito dell'ortopedia rigenerativa e della biofisica clinica per il potenziale effetto di stimolazione dei processi di guarigione ossea e di osteointegrazione delle protesi. Sebbene la maggior parte delle evidenze scientifiche sia stata sviluppata nel contesto delle fratture, dei ritardi di consolidazioni, delle pseudoartrosi e dell'osteointegrazione degli impianti ortopedici, i risultati ottenuti suggeriscono che i PEMF possano costituire una strategia di trattamento complementare particolarmente utile anche nelle fratture che si verificano in prossimità di una protesi. Infatti, il processo di guarigione delle fratture periprotetiche coinvolge contemporaneamente la guarigione della frattura e la necessità di preservare la stabilità dell'impianto protesico.

Stimolazione biofisica: effetti *in vitro* sul tessuto osseo

A livello cellulare, si è dimostrato che i PEMF stimolano l'attività degli osteoblasti, le cellule responsabili della formazione di nuovo tessuto osseo, aumentano la sintesi di collagene di tipo I, promuovono la produzione di proteine della matrice extracellulare e incrementano la deposizione di matrice ossea⁵. In diversi studi sperimentali è stato inoltre osservato un aumento dell'espressione di marcatori osteogenici quali fosfatasi alcalina, osteocalcina, osteopontina e fattori di trascrizione coinvolti nella differenziazione osteoblastica. Questi effetti determinano una maggiore capacità delle cellule ossee di produrre nuovo tessuto mineralizzato. Un altro aspetto particolarmente importante riguarda la capacità dei PEMF di influenzare specifiche vie di segnalazione cellulare coinvolte nella rigenerazione ossea. È stato dimostrato che tali stimoli aumentano l'espressione delle Bone Morphogenetic Proteins (BMPs), in particolare della BMP-2, uno dei più potenti fattori

osteoaduttivi conosciuti. Parallelamente, altri studi hanno evidenziato l'attivazione della via di segnalazione Wnt/ β -catenina, considerata uno dei principali meccanismi di regolazione della formazione ossea. L'attivazione di queste vie molecolari favorisce il reclutamento delle cellule progenitrici e la loro differenziazione verso il fenotipo osteoblastico, accelerando il processo riparativo ⁶. I PEMF sembrano inoltre influenzare il metabolismo osseo attraverso la modulazione del sistema OPG/RANKL, uno dei principali regolatori del rimodellamento scheletrico. Diversi studi hanno mostrato un aumento dell'espressione di osteoprotegerina (OPG) associato a una riduzione o stabilizzazione dell'espressione di RANKL. Questo effetto determina una diminuzione dell'attività osteoclastica e quindi del riassorbimento osseo, favorendo un bilancio metabolico orientato verso la formazione di nuovo osso.

► Nelle fratture periprotetiche tale meccanismo d'azione biofisico contribuisce a preservare il tessuto osseo residuo attorno all'impianto protesico e a favorirne una nuova rigenerazione, migliorando le condizioni per la consolidazione ossea.

Oltre agli effetti diretti sulle cellule ossee, i PEMF sembrano esercitare un'importante azione sull'ambiente biologico. Numerose evidenze suggeriscono infatti una modulazione della risposta infiammatoria inibendo il rilascio dei mediatori dell'infiammazione (IL-1 β , IL-6, IL-8, TNF- α) e una riduzione dello stress ossidativo ^{7,8}. Durante le prime fasi della guarigione di una frattura si sviluppa inevitabilmente una risposta infiammatoria anabolica, che risulta necessaria per l'avvio dei processi riparativi. Tuttavia, un'infiammazione eccessiva o persistente può compromettere la formazione del callo osseo e ritardare la guarigione.

► I PEMF modulano la risposta infiammatoria, favorendo una regolazione più

efficiente di questi fenomeni, contribuendo alla creazione di un microambiente favorevole alla rigenerazione tissutale, evitando possibili fenomeni di artrofibrosi.

Nel contesto delle fratture periprotetiche assume particolare importanza anche la capacità dei PEMF di migliorare l'osteointegrazione degli impianti protesici. Numerosi studi *in vitro* hanno dimostrato che l'esposizione ai PEMF aumenta il contatto diretto tra osso e superficie dell'impianto. Questo effetto rappresenta uno degli indicatori più importanti della qualità dell'osteointegrazione e significa che una quota maggiore della superficie dell'impianto è direttamente ancorata all'osso neoformato, garantendo una migliore trasmissione dei carichi e una maggiore stabilità dell'impianto. Gli studi condotti su impianti in titanio o su *scaffold* di idrossiapatite hanno mostrato che i PEMF favoriscono l'adesione delle cellule osteoblastiche alle superfici, aumentano la deposizione di matrice extracellulare e accelerano la formazione di tessuto osseo peri-implantare ^{9,10}. Tali effetti sono stati osservati sia su superfici lisce sia su superfici trattate con tecnologie volte a incrementare la rugosità e la bioattività.

► Nelle fratture periprotetiche, dove la stabilità dell'impianto rappresenta un elemento determinante per il successo terapeutico, il miglioramento dell'osteointegrazione favorito dall'utilizzo dei PEMF svolge un ruolo fondamentale.

Stimolazione biofisica: effetti *in vivo* sul tessuto osseo

Ampia è la letteratura di supporto per l'effetto osteogenetico della stimolazione biofisica su modelli animali, come quello pubblicato sul JOR eseguito sul cavallo ¹¹. Nei metacarpi di ogni cavallo sono stati praticati dei fori transcorticali diafisari. Sono stati

divisi in due gruppi: un gruppo stimolato con PEMF e un gruppo controllo. I metacarpi sono stati tutti trattati con tetraciclina, marcatore osseo, che evidenzia la quantità di osso neo deposto in entrambi i gruppi agli stessi intervalli temporali; si osserva quantitativamente e radiologicamente una maggior quantità di osso neo deposto nel cavallo stimolato rispetto al controllo, con completo riempimento del foro.

► **Questo studio è rilevante perché fornisce una delle prime evidenze su modello animale a supporto dell'effetto osteogenetico dei PEMF, un aspetto particolarmente importante nel trattamento delle fratture periprotetiche, dove la guarigione può essere compromessa dalla presenza dell'impianto e dalla ridotta capacità rigenerativa del tessuto osseo circostante.**

Altri studi su modelli animali hanno inoltre evidenziato che i PEMF aumentano il volume osseo peri-implantare, la densità trabecolare e la quantità di osso neoformato attorno agli impianti. In modelli sperimentali che prevedevano l'inserimento di impianti in titanio o di idrossiapatite nel femore o nella tibia di modelli animali, il trattamento con PEMF ha determinato un incremento significativo della formazione ossea e del contatto osso-impianto rispetto ai controlli non trattati, con minor formazione di tessuto fibrotico. Tali studi hanno dimostrato anche un miglioramento delle proprietà meccaniche dell'interfaccia osso-impianto, evidenziando una maggiore resistenza ai test di estrazione e alle prove di microdurimetria e una inibizione dell'osteolisi periprotetica^{12,13}.

► **Questi risultati assumono particolare rilevanza nelle fratture periprotetiche, poiché la stabilità dell'interfaccia osso-protesi rappresenta uno dei principali fattori prognostici. Infatti, in presenza di una protesi ben stabile, la capacità**

dei PEMF di favorire la neoformazione ossea potrebbe contribuire a mantenere e rafforzare l'ancoraggio implantare durante il processo di guarigione. Nel caso di impianti con stabilità borderline, l'incremento della formazione ossea peri-implantare e l'inibizione del processo di osteolisi potrebbe ridurre il rischio di progressiva mobilitazione.

Un ulteriore aspetto interessante riguarda l'impiego dei PEMF in condizioni biologiche sfavorevoli per il paziente, come ad esempio la presenza di fattori di rischio¹⁴. Numerosi modelli sperimentali hanno dimostrato che il PEMF è in grado di migliorare la qualità ossea anche in presenza di osteoporosi, diabete, immobilizzazione prolungata e altre condizioni associate a ridotta capacità rigenerativa.

► **Questi risultati sono particolarmente importanti perché gran parte delle fratture periprotetiche si verificano proprio in pazienti affetti da tali condizioni.**

Le fratture periprotetiche sono caratterizzate da un delicato equilibrio tra stabilità meccanica e risposta biologica. Nessuna terapia biofisica può sostituire una corretta stabilizzazione chirurgica della frattura. Tuttavia, una volta ottenuta una stabilità meccanica adeguata, la qualità della risposta biologica diventa determinante per il successo del trattamento. In questo contesto, i PEMF possono essere considerati una terapia adiuvante finalizzata a ottimizzare i processi cellulari e molecolari che governano la riparazione ossea. Dal punto di vista clinico, il principale vantaggio dei PEMF consiste nella loro natura non invasiva e nel trattamento non sistemico, ma localizzato al sito della frattura. Il trattamento può essere applicato esternamente senza interferire con la sintesi chirurgica o con la protesi. Inoltre, i dispositivi moderni consentono una somministrazione domiciliare prolungata, favorendo l'aderenza terapeutica.

ca e riducendo i costi assistenziali. Questo aspetto assume particolare importanza nei pazienti anziani, nei quali procedure aggiuntive invasive possono risultare difficilmente praticabili.

Stimolazione biofisica sui tessuti molli

In presenza di fratture esposte, i PEMF possono svolgere un ruolo rilevante non solo sulla rigenerazione ossea, ma anche sui tessuti molli circostanti, spesso compromessi dal trauma iniziale, dall'ischemia locale e dal rischio di infezione. I PEMF favoriscono la riparazione dei tessuti molli attraverso diversi meccanismi biologici: stimolano la microcircolazione locale, promuovono l'angiogenesi di cellule endoteliali mediante l'aumento dell'espressione di fattori pro-angiogenici come il VEGF,

modulano la risposta infiammatoria e favoriscono la proliferazione e la migrazione di fibroblasti, elementi fondamentali per la formazione del tessuto di granulazione e la chiusura della ferita ⁵. I PEMF rappresentano una strategia non invasiva e sicura per modulare i miRNA, che svolgono un ruolo rilevante nella riparazione ossea e che hanno il potenziale di regolare l'accoppiamento osteogenico-angiogenico (Fig. 1).

I PEMF aumentano la sopravvivenza di lembi cutanei non vascularizzati; favoriscono il processo riparativo cutaneo, cui si accompagna un importante effetto microvascolare dovuto alla neoangiogenesi ¹⁵. L'effetto dei PEMF sulla riparazione dei tessuti molli è stato documentato anche in studi clinici in doppio cieco su ulcere venose croniche ^{16,17}. Gli autori hanno dimostrato una maggiore percentuale di guarigione delle lesioni cutanee nei pazienti trattati con PEMF rispetto al controllo; inoltre, non si

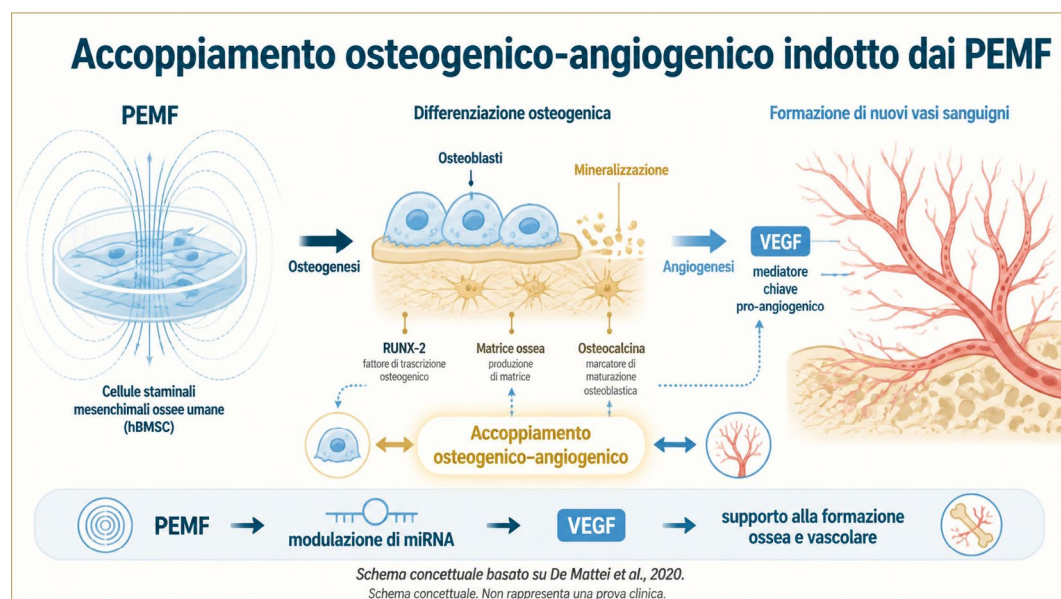


Figura 1. Rappresentazione dell'effetto dei PEMF sulla differenziazione osteogenica delle cellule staminali mesenchimali umane (hBMSC) e sull'accoppiamento osteogenico-angiogenico.

sono osservati peggioramenti delle ulcere, mentre alcuni pazienti del gruppo controllo hanno presentato un aggravamento della lesione. Un aspetto particolarmente rilevante riportato nello studio riguarda il miglioramento del tessuto di granulazione, fase fondamentale della guarigione delle ferite caratterizzata dalla formazione di nuovi capillari, dalla proliferazione fibroblastica e dalla deposizione di matrice extracellulare. La maggiore presenza e qualità del tessuto di granulazione nei pazienti trattati suggerisce che i PEMF siano in grado di favorire un microambiente biologico più favorevole alla riparazione dei tessuti molli, attraverso la stimolazione dell'angiogenesi e dei processi cellulari coinvolti nella rigenerazione.

► Questi risultati assumono particolare interesse nel trattamento delle fratture esposte, dove la perdita di tessuti molli e la compromissione della vascolarizzazione rappresentano fattori critici per la guarigione. La capacità dei PEMF di promuovere la formazione di tessuto di granulazione e il ripristino del letto tissutale contribuisce a creare condizioni più favorevoli sia per la copertura della ferita, sia per il successivo processo di consolidazione ossea.

Pertanto, nei pazienti con fratture esposte, i PEMF rappresentano una possibile terapia adiuvante in grado di agire contemporaneamente sui processi di rigenerazione ossea e sulla riparazione dei tessuti molli, creando le condizioni biologiche necessarie per una guarigione più efficace.

QUANDO PRESCRIVERLA?

Allo stato attuale, la Stimolazione Biofisica riconosce diversi campi di applicazione in traumatologia:

- ritardo di consolidazione e pseudoartrosi (PSA) asettica, atrofica dopo fratture e osteotomie;

- PSA infette;
- fratture recenti «a rischio» (fratture periprotetichesche, esposte, severo danno dei tessuti molli);
- trattamento delle fratture da stress;
- osteointegrazione biomateriali (protesi, placche);
- fratture vertebrali;
- osteonecrosi stadiazioni iniziali.

Esistono ad oggi centinaia di studi preclinici e clinici volti a dimostrare l'efficacia della stimolazione biofisica nella crescita ossea. La stimolazione biofisica non è da confondere con la comune magnetoterapia, ossia con dispositivi medici presenti in commercio, ma privi di validazione scientifica, la cui credibilità si basa semplicemente sull'aneddotica. Questi sono dispositivi operatori dipendenti, che utilizzano stimoli fisici non studiati e dicono di poter curare le più disparate patologie cliniche, che vanno dalla pseudoartrosi, al torcicollo, alla flebite fino addirittura alla cellulite.

Ciò contrasta con i dettami della comunità scientifica internazionale e in particolare con quella italiana che ha individuato il meccanismo d'azione attraverso cui l'immissione di una energia fisica è in grado di favorire e regolare la riparazione del tessuto osseo e cartilagineo³. Ha individuato tempi e modi di somministrazione, definito le indicazioni d'uso e sviluppato protocolli d'impiego. La Stimolazione Biofisica viene somministrata, analogamente alla somministrazione di un farmaco, con un opportuno dosaggio di trattamento, ma locale e privo di effetti collaterali. Proprio per questo alla stimolazione biofisica è stato dato il nome di "soft pharmacology".

COME SOMMINISTRARLA? PER QUANTO TEMPO?

Va somministrata in presenza di una frattura adeguatamente allineata e meccanica-

mente stabile con un gap osseo che misuri meno della metà del diametro dell'osso stesso. In caso contrario, è prioritario ripristinare i criteri di stabilità meccanica attraverso una revisione chirurgica con o senza innesto osseo. Solo successivamente si procederà con la stimolazione biofisica del neoimpianto. La terapia potrà essere avviata non prima di 3-5 giorni dal trattamento definitivo e ciò corrisponde al termine della fase pro-infiammatoria anabolica del bone healing.

In ambito osseo, è stato appurato come la stimolazione biofisica richieda un utilizzo di un minimo di 8 ore/die per almeno 1-2 mesi. Il paziente non deve avere possibilità di attuare modifiche all'apparecchio elettromedicale validato scientificamente, motivo per cui deve essere dotato di un solo tasto per l'accensione e lo spegnimento; tutto ciò per evitare di comprometterne l'efficacia terapeutica e la sicurezza di base, modificarne il protocollo di trattamento (frequenza, intensità di segnale, forma d'onda) e le prestazioni essenziali.

TIPI DI STIMOLAZIONE E APPLICAZIONE

Come anticipato, sono riconosciute in letteratura internazionale 3 metodiche biofisiche: metodica Induttiva (PEMF), metodica Capacitiva (CCEF,) e metodica a Ultrasuoni (LIPUS). A parità di indicazione clinica l'efficacia è paragonabile, possono essere utilizzate con tutti i mezzi di sintesi, ma si differenziano principalmente per queste caratteristiche:

1. PEMF

- posologia: 8 ore/die (4h+4h);
- applicatori dedicati al sito di trattamento, detti solenoidi;
- può essere utilizzato anche su apparecchi gessati;

- ha un raggio d'azione dello stimolo fisico più esteso rispetto le altre metodiche;
- maggiore numero di indicazioni cliniche.

2. CCEF

- posologia: 8 ore/die;
- applicatori dedicati al sito di trattamento, detti elettrodi adesivi;
- contatto diretto con la cute (rachide, mano, piede);
- ottima compliance nel posizionamento degli elettrodi;
- fratture che rientrano nel raggio di azione dell'applicatore.

3. LIPUS

- posologia: 20min/die;
- applicatore, detto sonda ultrasonora, che richiede alta precisione di posizionamento;
- contatto diretto con la cute;
- ottima compliance per il tempo giornaliero di trattamento;
- lesione limitata nel raggio d'azione del fascio ultrasonoro.

ALGORITMO DI TRATTAMENTO PER L'UTILIZZO DELLA STIMOLAZIONE

L'EFORT nel 2021 ha pubblicato un algoritmo di trattamento per le fratture periprotetiche di anca (femore e acetabolo). Tale algoritmo potrebbe essere rielaborato nell'ottica di identificare i criteri e le tempistiche più appropriate per l'impiego della Stimolazione Biofisica ¹⁸ (Fig. 2).

L'EFORT afferma che bisogna valutare se la frattura avviene intraoperatoriamente o nel postoperatorio. L'algoritmo prosegue valutando se la frattura è da trauma o osteolisi e se lo stelo o la coppa acetabolare sono stabili o instabili. In presenza di componenti protesiche instabili o stabili ma con necessità di sintetizzare la frattura, si procede chirurgicamente. In caso di impianto stabi-

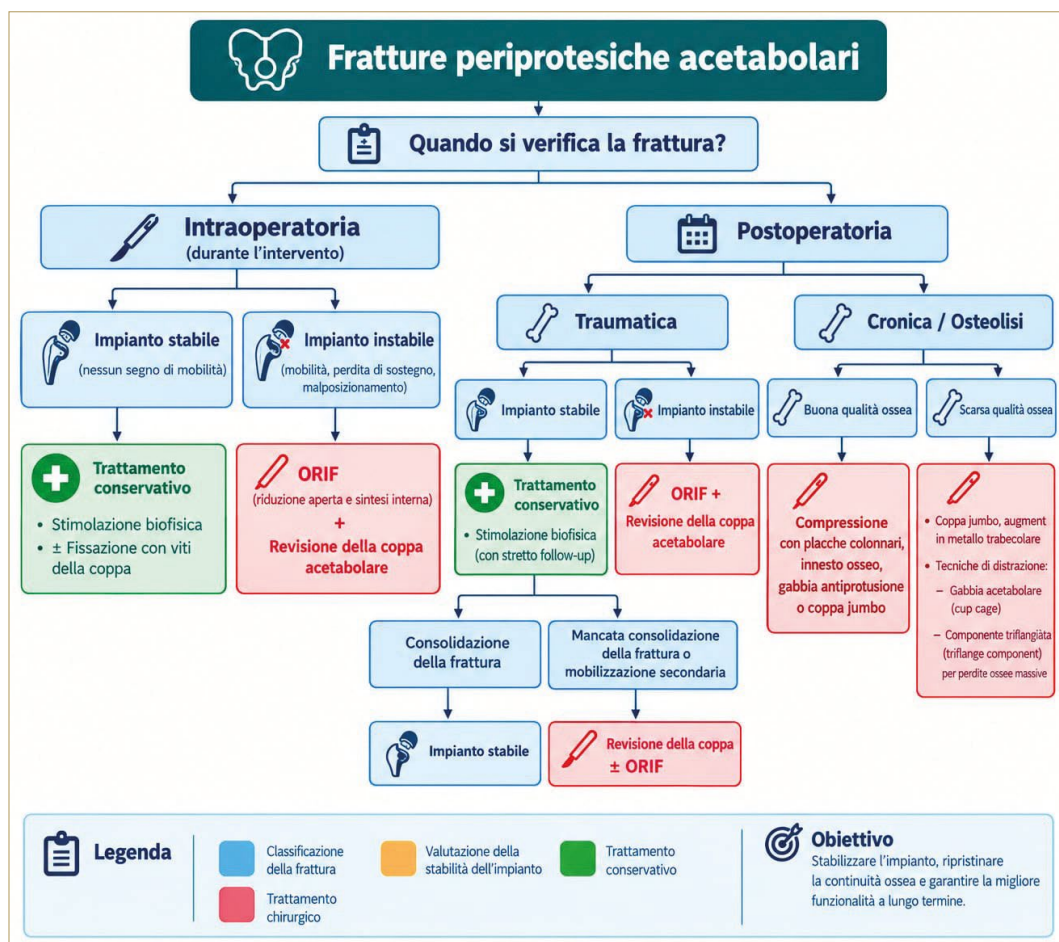


Figura 2. Algoritmo terapeutico nelle fratture periprotetichesche (Patsiogiannis N, et al. EFORT Open Rev. 2021, mod.)¹⁸.

le e con minima scomposizione, si procede con trattamento incruento. In questa fase, la stimolazione biofisica con PEMF gioca un ruolo cruciale, poiché deve aiutare a formare quanto più velocemente il callo osseo con qualità quanto più simile a quello nativo.

In presenza di frattura instabile, prima di somministrare la stimolazione biofisica, è necessario risolvere il problema di origine meccanica, quindi con la chirurgia.

Altra indicazione all'uso della stimolazione biofisica è quello di supporto biologico ad

un trattamento biomeccanico validamente eseguito.

La stimolazione viene somministrata fino al successivo controllo radiografico (l'EFORT propone 60 gg per le fratture dello stelo; la comunità ortopedica italiana propone fino al primo controllo radiografico, circa 45gg). Al controllo radiografico si valuta se c'è stata una progressione verso la guarigione con formazione iniziale di callo osseo. Si può procedere all'utilizzo della stimolazione biofisica in completa sicurezza anche fino a 6 mesi, ricordando che la condizione

necessaria è la stabilità meccanica.

La comunità ortopedica ha sviluppato una sensibilità verso l'ambiente biologico nel quale avviene l'attività di riparazione di una frattura, tenendo a mente che, se è vero che l'instabilità meccanica può impedire la consolidazione, non si deve dimenticare che la guarigione di una frattura può essere solo il risultato dell'attività cellulare locale. Il trattamento integrato, chirurgico e biofisico, si è dimostrato una valida scelta nel trattamento delle mancate consolidazioni, che richiedono l'impegno di un intervento chirurgico sul focolaio di frattura e che altrimenti guarirebbero in tempi lunghi.

CONCLUSIONI

I PEMF, che sono supportati da ampia letteratura scientifica, rappresentano una promettente strategia biofisica di supporto nella gestione delle fratture periprotetiche. Le evidenze disponibili suggeriscono che essi possano migliorare contemporaneamente la guarigione della frattura e la risposta dell'osso nei confronti dell'impianto protesico. Il loro utilizzo appare supportato da un solido razionale scientifico e da numerosi dati sperimentali che documentano effetti favorevoli sulla rigenerazione ossea e sull'osteointegrazione. Per tali ragioni, i PEMF possono essere considerati una delle più interessanti terapie adiuvanti attualmente disponibili per ottimizzare la risposta biologica nelle complesse situazioni cliniche rappresentate dalle fratture periprotetiche.

Bibliografia

- 1 Donati D, Zolezzi C, Tomba P et al. *Bone grafting*: historical and conceptual review, starting with an old manuscript by Vittorio Putti. *Acta Orthop*. 2007;78(1):19-25. <https://doi.org/10.1080/17453670610013376>.
- 2 Massari L, Benazzo F, Falez F et al. Biophysical stimulation of bone and cartilage: state of the art and future perspectives. *Int Orthop*. 2019;43(3):539-551. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-4274-3>.
- 3 Cadossi R, Massari L, Racine-Avila J et al. Pulsed Electromagnetic Field Stimulation of Bone Healing and Joint Preservation: Cellular Mechanisms of Skeletal Response. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. 2020;4(5):e1900155. <https://doi.org/10.5435/JAAOSGlobal-D-19-00155>.
- 4 Borea PA, Varani K, Vincenzi F et al. The A3 adenosine receptor: history and perspectives. *Pharmacol Rev*. 2015;67(1):74-102. <https://doi.org/10.1124/pr.113.008540>.
- 5 De Mattei M, Grassilli S, Pellati A et al. Pulsed Electromagnetic Fields Modulate miRNAs During Osteogenic Differentiation of Bone Mesenchymal Stem Cells: a Possible Role in the Osteogenic-angiogenic Coupling. *Stem Cell Rev Rep*. 2020;16(5):1005-1012. <https://doi.org/10.1007/s12015-020-10009-6>.
- 6 Bagheri L, Pellati A, Rizzo P et al. Notch pathway is active during osteogenic differentiation of human bone marrow mesenchymal stem cells induced by pulsed electromagnetic fields. *J Tissue Eng Regen Med*. 2018;12(2):304-315. <https://doi.org/10.1002/term.2455>. Epub 2017 Jul 28.
- 7 Chang K, Hong-Shong Chang W, Yu YH et al. Pulsed electromagnetic field stimulation of bone marrow cells derived from ovariectomized rats affects osteoclast formation and local factor production. *Bioelectromagnetics*. 2004;25(2):134-41. <https://doi.org/10.1002/bem.10168>.
- 8 Diniz P, Soejima K, Ito G. Nitric oxide mediates the effects of pulsed electromagnetic field stimulation on the osteoblast proliferation and differentiation. *Nitric Oxide*. 2002;7(1):18-23. [https://doi.org/10.1016/s1089-8603\(02\)00004-6](https://doi.org/10.1016/s1089-8603(02)00004-6).
- 9 Bloise N, Petecchia L, Ceccarelli G et al. The effect of pulsed electromagnetic field exposure on osteoinduction of human mesenchymal stem cells cultured on nano-TiO2 surfaces. *PLoS One*. 2018;13(6):e0199046. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199046>.
- 10 Fassina L, Saino E, Sbarra MS et al. In vitro electromagnetically stimulated SAOS-2 osteoblasts inside porous hydroxyapatite. *J Biomed Mater Res A*. 2010;93(4):1272-9.

<https://doi.org/10.1002/jbm.a.32620>.

- ¹¹ Canè V, Botti P, Soana S. Pulsed magnetic fields improve osteoblast activity during the repair of an experimental osseous defect. *J Orthop Res*. 1993;11(5):664-70. <https://doi.org/10.1002/jor.1100110508>.
- ¹² Fini M, Giavaresi G, Giardino R et al. Histomorphometric and mechanical analysis of the hydroxyapatite-bone interface after electromagnetic stimulation: an experimental study in rabbits. *J Bone Joint Surg Br*. 2006;88(1):123-8. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.88B1.16496>
- ¹³ Veronesi F, Fini M, Sartori M et al. Pulsed electromagnetic fields and platelet rich plasma alone and combined for the treatment of wear-mediated periprosthetic osteolysis: An in vivo study. *Acta Biomater*. 2018 Sep 1;77:106-115. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2018.07.012>. Epub 2018 Jul 6.
- ¹⁴ Galli C, Pedrazzi G, Mattioli-Belmonte M et al. The Use of Pulsed Electromagnetic Fields to Promote Bone Responses to Biomaterials *In Vitro* and *In Vivo*. *Int J Biomater*. 2018 Sep 3;2018:8935750. <https://doi.org/10.1155/2018/8935750>.
- ¹⁵ Yen-Patton GP, Patton WF, Beer DM et al. Endothelial cell response to pulsed electromagnetic fields: stimulation of growth rate and angiogenesis in vitro. *J Cell Physiol*. 1988;134(1):37-46. <https://doi.org/10.1002/jcp.1041340105>.
- ¹⁶ Ieran M, Zaffuto S, Bagnacani M et al. Effect of low frequency pulsing electromagnetic fields on skin ulcers of venous origin in humans: a double-blind study. *J Orthop Res*. 1990;8(2):276-82. <https://doi.org/10.1002/jor.1100080217>. PMID: 2303961.
- ¹⁷ Stiller MJ, Pak GH, Shupack JL et al. A portable pulsed electromagnetic field (PEMF) device to enhance healing of recalcitrant venous ulcers: a double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Br J Dermatol*. 1992;127(2):147-54. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.1992.tb08047.x>. PMID: 1390143.
- ¹⁸ Patsiogiannis N, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Periprosthetic hip fractures: an update into their management and clinical outcomes. *EFORT Open Rev*. 2021;6(1):75-92. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.6.200050>.

Con il contributo non condizionante di

