ARTICOLO ORIGINALE

Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia
2023;49:143-151; doi: 10.32050/0390-0134-N336



L'intervento di Dunn modificato da Ganz nell'epifisiolisi dell'anca. Risultati, complicazioni e approfondimento eziopatogenetico dell'instabilità dell'anca post-operatoria

Dunn operation modified by Ganz to treat slipped capital femoral epiphysis. Results, complications and aetiopatogenesis of post surgical hip instability

Enrico Micciulli[1] *(foto)*, Emanuela Asunis[2], Laura Ruzzini[1], Davide Lardo[3], Pierfrancesco Costici[1], Ernesto Ippolito[3]

[1] Ospedale di Ricerca e Cura a Carattere Scientifico (IRCCS) Bambino Gesù, Roma; [2] Istituto Ortopedico Rizzoli, Bologna; [3] Università degli Studi "Tor Vergata", Roma

Riassunto

Introduzione. L'intervento di Dunn modificato da Ganz (IDMG) ha avuto ampia diffusione durante gli ultimi 16 anni nel trattamento chirurgico dei casi gravi di epifisiolisi dell'anca (EA). In questo studio riportiamo i risultati del trattamento di EA trattata con questa metodica.

Materiali e metodi. Tredici pazienti presentatisi alla nostra osservazione (14 anche), affetti da EA acuta, acuta su cronica e cronica con angolo di Southwick > di 40° sono stati trattati chirurgicamente dal 2015 al 2019 mediante IDMG. In tutti i pazienti è stata praticata una TC con ricostruzione 3D delle anche. I risultati sono stati valutati mediante l'Harris Hip Score.

Risultati. La lunghezza media del follow-up è stata di 5,4 anni (da 3 a 8 aa). Delle 14 anche,11 hanno avuto un risultato eccellente o buono, 1 discreto e 2 cattivo. La TC ha mostrato incongruenza femoro-acetabolare in 2 anche che hanno presentato instabilità post-operatoria.

Discussione. L'IDMG ha mostrato risultati migliori di quelli ottenuti con le tecniche tradizionali nei casi gravi di EA. I risultati da noi ottenuti sono in linea con quelli pubblicati recentemente. L'instabilità dell'anca non ha avuto finora un completo chiarimento etiopatogenetico. Nei due casi da noi descritti l'instabilità era causata da incongruenza femoro-acetabolare.

Conclusioni. L'IDMG ha dato nella nostra casistica risultati più che soddisfacenti. Noi riteniamo che, nei casi di EA acuta su cronica e cronica con una lunga storia clinica, debba essere praticato un esame TC con ricostruzione 3D per valutare una eventuale incongruenza femoro- acetabolare che possa causare instabilità dell'anca.

Parole chiave: epifisiolisi dell'anca, intervento di Dunn modificato da Ganz, etiopatogenesi dell'instabilità dell'anca postoperatoria.

Summary

Introduction. *Dunn procedure modified by Ganz (DPMG) has become popular during the last sixteen years to treat severe displaced slipped capital femoral epiphysis (SCFE). Results of treatment by this procedure are reported in this study.*

Materials and methods. *Thirteen consecutive patients (14 hips) affected by SCFE acute, acute*

Ricevuto: 6 settembre 2023
Accettato: 3 ottobre 2023

Corrispondenza
Micciulli Enrico
Ospedale Pediatrico IRCCS Bambino Gesù Palidoro, Roma
E-mail: enrico.micciulli@opbg.net

Conflitto di interessi
Gli Autori dichiarano di non avere alcun conflitto di interesse con l'argomento trattato nell'articolo.

Come citare questo articolo: Micciulli E, Asunis E, Ruzzini L, et al. L'intervento di Dunn modificato da Ganz nell'epifisiolisi dell'anca. Risultati, complicazioni e approfondimento eziopatogenetico dell'instabilità dell'anca post-operatoria. Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia 2023;49:143-151; https://doi.org/10.32050/0390-0134-N336

© Copyright by Pacini Editore Srl

OPEN ACCESS

L'articolo è OPEN ACCESS e divulgato sulla base della licenza CC-BY-NC-ND (Creative Commons Attribuzione – Non commerciale – Non opere derivate 4.0 Internazionale). L'articolo può essere usato indicando la menzione di paternità adeguata e la licenza; solo a scopi non commerciali; solo in originale. Per ulteriori informazioni: https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it

on chronic,an chronic, with Southwick > 40°, have been surgically treated with DPMG from 2015 to 2019. In all the patients CT-scan with 3D reconstruction has been performed. Results have been evaluated by Harris Hip Score.

Results. *The mean lenght of follow-up was 5.4 years (range: from 3 to 8 years). Of the 14 hips, 11 had an excellent-good result, 1 fair and 2 poor. CT-scan showed femoro-acetabular incongruency in 2 hips with post-surgical instability.*

Discussion. *According to the recent literature, DPMG showed results better than those obtained with the traditional techniques in severely displaced SCFE. Hip instability described as a "devastating complications", has not been completely clarified from the etiopatogenetic point of view. Hip instability was caused by femoro-acetabular incongruency in our two cases.*

Conclusions. *DPMG gave us results more than satisfactory to treat SCFE with severe displacement. We believe that in cases of SCFE acute on chronic and chronic with a long clinical history, a CT-scan should be performed to evaluate possible femoro-acetabular incongruency that may cause hip instability.*

Key word: *SCFE, hip instability, Dunn procedure modified by Ganz*

Introduzione

L'epifisiolisi dell'anca (EA) è una malattia caratterizzata dallo spostamento reciproco della metafisi e dell'epifisi prossimale del femore [1] causato da un cedimento della cartilagine di accrescimento prossimale del femore per un sovvertimento della sua normale struttura [2,3]. Clinicamente, si distinguono una forma acuta, una forma cronica e una forma acuta su cronica [1].

Nei casi cronici con spostamento lieve, cioè con un angolo di Southwick (AS) ≤ 30°, l'epifisiodesi "in situ" (EIS) dell'epifisi prossimale del femore (EPF) arresta l'evoluzione della malattia con risultati soddisfacenti a lungo termine [4]. Nei casi, invece, con scivolamento moderato (AS compreso tra 31° e 50°) e grave (AS > 50°) l'EIS non dà risultati brillanti perché l'anca va incontro molto spesso a un'artrosi precoce [5-7]. Nei casi acuti e acuti su cronici trattati secondo i metodi tradizionali di riduzione ed EIS, si verifica spesso la necrosi avascolare (NA) dell'EPF, complicazione che porta precocemente ad una grave forma di artrosi dell'anca con conseguente invalidità [8,9].

Negli ultimi 16 anni, la tecnica chirurgica di Dunn [10] modificata da Ganz (PDM) [11, 12] sta ottenendo consensi in tutto il mondo per il trattamento delle forme croniche moderate e gravi e delle forme acute di EA. Gli autori che per primi hanno descritto e praticato questa nuova tecnica [12] hanno riscontrato due vantaggi principali rispetto alle tecniche tradizionali: il primo è la riduzione anatomica, o quasi anatomica, dell'EPF sulla metafisi prossimale del femore e il secondo è l'assenza di NA dell'EPF, con conseguente potenziale scomparsa dell'artrosi secondaria dell'anca dalle possibili sequele dell'EA [12].

Le più recenti revisioni sistematiche e metanalisi della letteratura sulla PDM hanno riportato buoni risultati nella maggior parte dei casi operati [13, 14] e nei follow-up a lungo termine sono stati segnalati solo pochi casi di artrosi lieve dell'anca dopo PDM [15-17]. Tuttavia, poiché la nuova metodica è stata eseguita da un numero sempre maggiore di chirurghi in tutto il mondo, l'incidenza della NA - la complicazione più temuta della PDM e assente nei primi lavori di Leunig et al. [12] – ha raggiunto una media che va dal 10,8% [13] al 14,3% [14]. L'instabilità dell'anca (IA), la seconda grave complicazione della PDM, è stata segnalata in circa il 6,8% dei casi [13], sebbene la sua eziopatogenesi non sia stata ancora completamente chiarita.

In questo studio descriviamo i risultati del trattamento mediante PDM di un gruppo di pazienti affetti da EA con un SA > 40° e proponiamo una nuova teoria patogenetica della IA verificatasi in due dei nostri casi.

Materiali e metodi

Dal gennaio 2015 al dicembre 2019, sono stati operati mediante PDM 13 pazienti affetti da EA per complessive 14 anche con AS > 40°. L'intervento è stato eseguito secondo la tecnica descritta da Leunig [12] dai due chirurghi (E.I. ed E.M.) che avevano esperienza della lussazione chirurgica dell'anca descritta da Ganz [11] (Fig. 1). La tecnica chirurgica originale prevede un accesso laterale diretto, l'osteotomia del gran trocantere e la preparazione di un flap retinacolare contenente l'arteria circonflessa mediale, dopo apertura a Z della capsula articolare. Dopo la riduzione, l'EPF è stata fissata con 3 fili di Steinmann e il grande trocantere è stato sintetizzato con viti cannulate.

La diagnosi delle diverse forme di EA è stata posta in base all'anamnesi, al quadro clinico e all'esame radiografico. Ogni paziente è stato anche sottoposto ad una TC con ricostruzione 3D delle anche per una migliore caratterizzazione della patologia dell'EA. Mediante tecnica di ricostruzione multi-planare sono state poi effettuate le misurazioni dell'acetabolo e dell'EPF nei casi di instabilità dell'anca [18]. I genitori di tutti i pazienti operati hanno firmato un consenso informato e lo studio è stato autorizzato dal Comitato Etico dell'Ospedale Bambino Gesù di Roma.

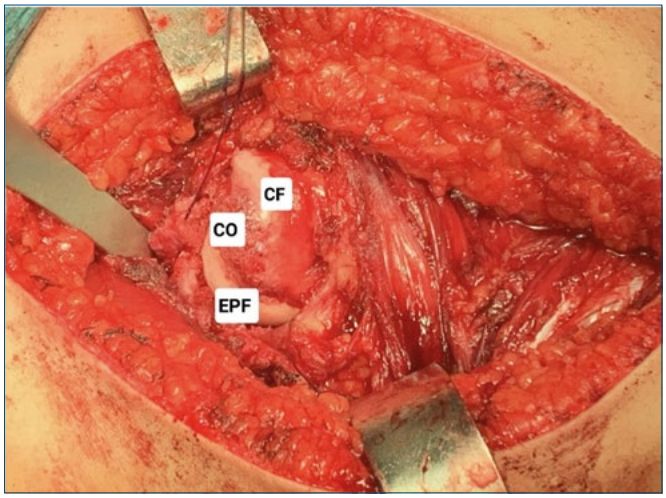


Figura 1. Quadro intraoperatorio di un caso di epifisiolisi cronica operato con tecnica di Dunn modificato da Ganz.
CF: collo femorale; CO: callo osseo; EPF: epifisi prossimale del femore.

Dopo l'intervento chirurgico, i pazienti sono rimasti a letto per 1 giorno e successivamente incoraggiati a muovere l'anca operata fuori carico. Il carico assistito con bastoni canadesi è stato concesso per 5 settimane mentre nelle successive 12 settimane è stato progressivamente raggiunto il carico completo senza appoggi.
Tutti i pazienti operati sono stati controllati in ospedale clinicamente, radiograficamente e mediante TC con ricostruzione 3D, con una durata media del follow-up di 5,5 anni (da un minimo di 3 a un massimo di 8 anni con deviazione standard di ± 1,6) (Tab. I). I risultati sono stati valutati con l'Harris Hip Score dell'adulto [19], piuttosto che con altre scale di valutazione pediatriche dell'anca perché al controllo finale tutte le cartilagini di accrescimento dell'anca erano chiuse. Lo studio statistico è consistito nella valutazione della media dei valori con le rispettive deviazioni standard per tutti i parametri con distribuzione normale dopo conferma con istogrammi e con il test di Kolmogorov-Smirnov.

Risultati

Tutti i dati clinici, i risultati e le complicazioni dei pazienti operati mediante PDM sono riportati nella Tabella I. Delle 14 anche operate, 8 hanno avuto un risultato eccellente (Fig. 2A-F), 3 buono, 1 discreto e 2 cattivo. Per quanto riguarda le complicazioni, abbiamo avuto un caso di NA massiva in un'anca con EA acuta su cronica (Fig. 3A-D) e 2 casi di instabilità dell'anca, 1 in EA acuta su cronica (Fig. 4A-E) e 1 in EA cronica (Fig. 5). Nel caso con risultato discreto era presente una sublussazione di modesta entità mentre nei 2 casi con risultato cattivo erano presenti rispettivamente una NA e una grave sublussazione dell'anca: in entrambi i casi è stato poi eseguito un intervento di artroprotesi totale dell'anca (Fig. 3D).
In 3 anche erano presenti ossificazioni eterotopiche peri trocanteriche, totalmente asintomatiche.
Dei 2 pazienti con IA, 1 aveva una EA bilaterale con una forma cronica di media entità a destra e una forma acuta su cronica a sinistra con AS di 85°. Il dolore era presente da 8 mesi a sinistra e da 3 mesi a destra, ma la diagnosi di EA è stata confermata solo dopo il ricovero in ospedale.
La TC-3D preoperatoria del bacino e delle anche ha mostrato che l'EPF destra, sebbene dislocata postero-medialmente, era completamente contenuta nell'acetabolo, mentre l'EPF sinistra era dislocata parzialmente all'interno del recesso postero-mediale della capsula articolare as-

Tabella I. Dati clinici, risultati e complicazioni dei 13 pazienti con 14 anche affette da epifisiolisi acuta, cronica o acuta su cronica con angolo di Southwick > 40°che sono stati operati con la tecnica di Dunn modificata da Ganz.

Numero di pazienti	Età all'intervento (anni) (media +/- DS)	Sesso	Numero di anche e lateralità	Classificazione	Angolo di Southwick (media +/- DS)	Durata del follow-up (anni) (media +/- DS)	Età al follow-up (anni) (media+/-DS)	Angolo Alfa (media +/- DS)	Risultati (Harris Hip Score)	Complicazioni
13	12,9 (+/- 0,8) (da11,5a 14,2)	Uomini (11) Donne (2)	Destra (4) Sinistra (8) Bilaterale (1) Totale (14)	Cronica (7 anche) Acuta su cronica (3 anche) Acute (4 anche)	72,7° (+/- 12,2°) (da 42° a 85°)	5,5 (+/-1,6) (da 3 a 8)	18,2 (+/-2,4) (da14,5 a 22,2)	44,7° (+/- 5,6°) (da 38° a 52°)	Ecellente (6 anche) Buono (5 anche) Discreto (1 anca) Scarso (2 anche)	Necrosi avascolare (1 anca) Instabilità (2 anche) Ossificazioni eterotopiche (3 anche)

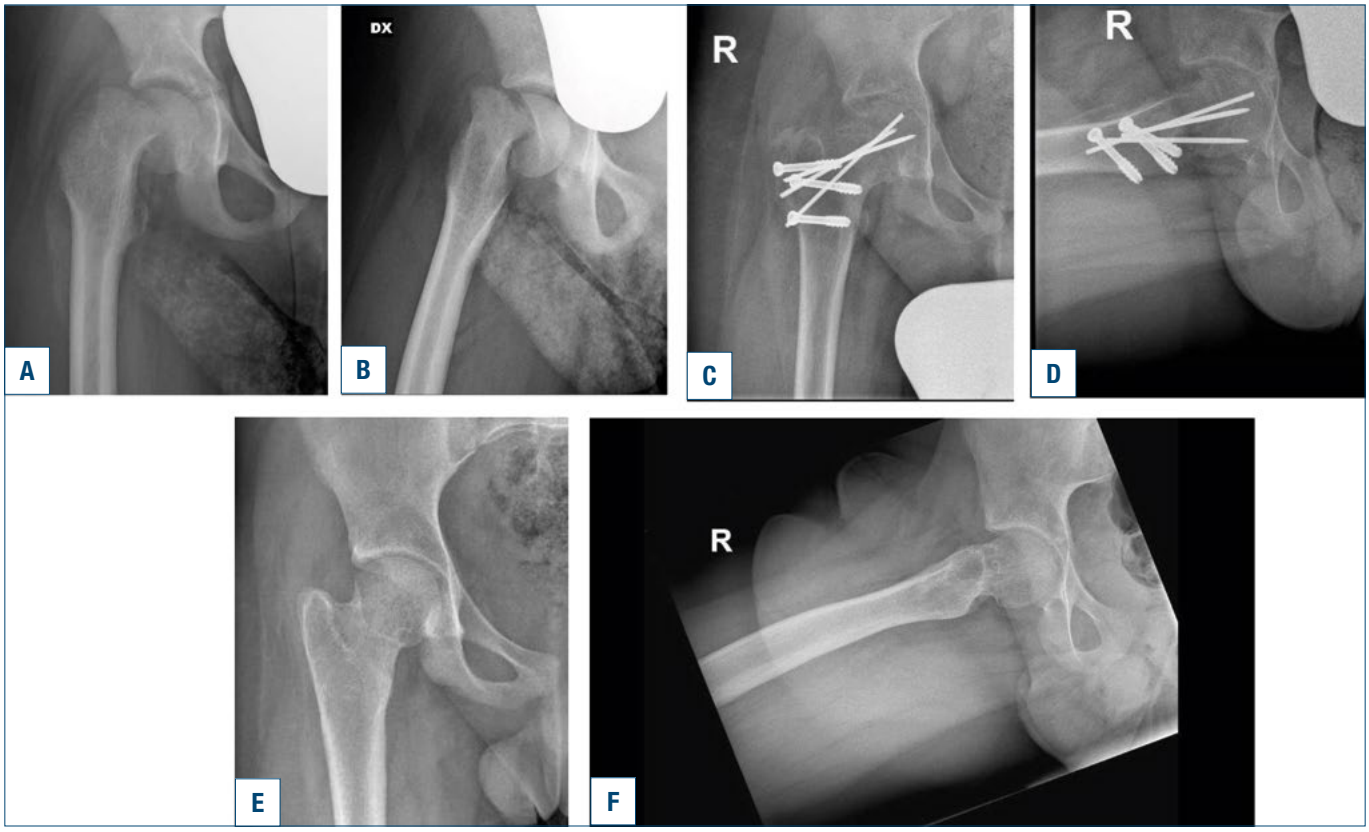


Figura 2. Esame radiografico in proiezione anteroposteriore (A) e laterale (B) dell'anca destra di un caso di epifisiolisi acuta operato con tecnica di Dunn modificata da Ganz (C, D). Risultato ottimo 4 aa dopo l'intervento (E, F).

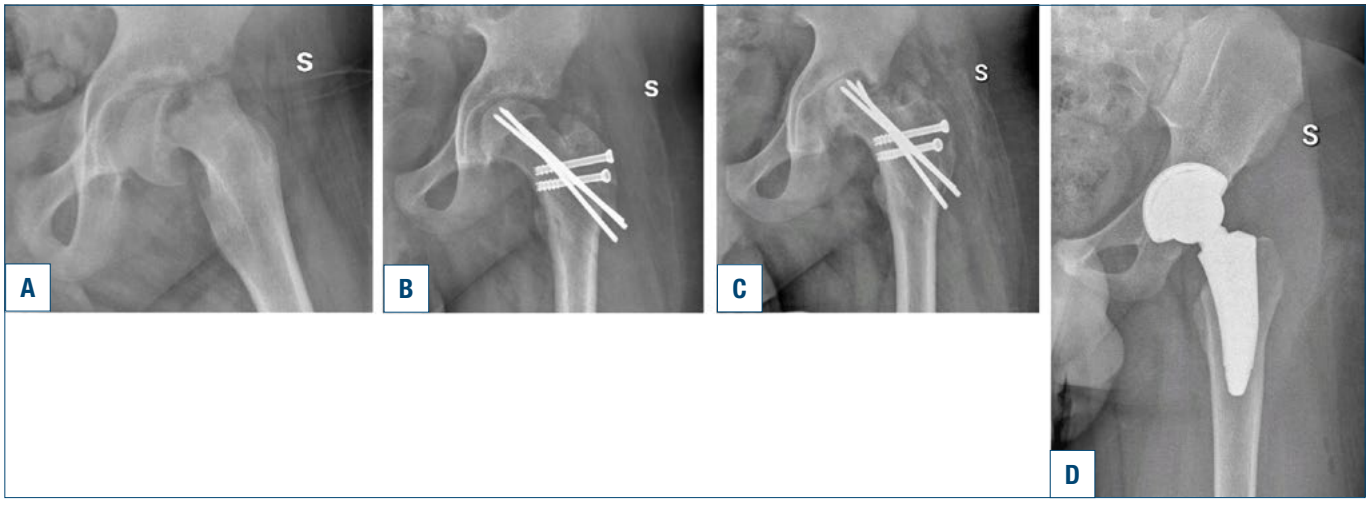


Figura 3. Esame radiografico in proiezione laterale dell'anca sinistra di un caso di epifisiolisi acuta (A). Tre mesi dopo la riduzione chirurgica con tecnica di Dunn modificata da Ganz, l'epifisi prossimale del femore mostra segni di iniziale metallizzazione (B). Otto mesi dopo, necrosi cefalica massiva (C) salvata con un intervento di artroprotesi (D).

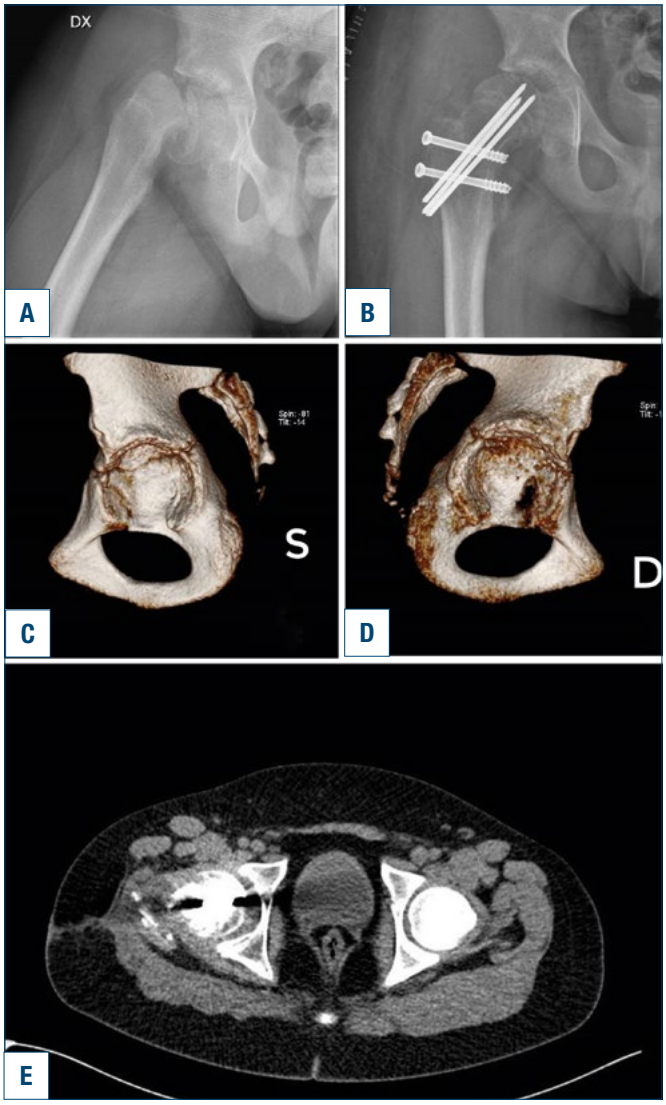


Figura 4. Esame radiografico in proiezione laterale dell'anca destra di un caso di epifisiolisi acuta su cronica (A). Dopo intervento di Dunn modificato da Ganz, l'anca è sublussata (B). Esame TC 3D dell'acetabolo sinistro normale di forma emisferica (C) e di quello destro di forma ovoidale e con tetto sfuggente (D). Un taglio TC sul piano trasversale delle due anche mostra allontanamento dell'epifisi femorale destra dal fondo dell'acetabolo (E).

sumendo un contatto parziale con l'acetabolo (Fig. 5A). L'acetabolo destro era emisferico mentre quello di sinistra era ellittico (Fig. 5B). L'EPF destra era emisferica come l'acetabolo destro, mentre l'EPF sinistra aveva una forma ellittica irregolare non congruente con le misure dell'acetabolo sinistro.

L'altro paziente era affetto da una EA monolaterale acuta su cronica a destra con una storia clinica di dolore persistente da quasi un anno (Fig. 4A). La scansione TC-3D ha mostrato che l'acetabolo destro aveva una forma ellittica, in confronto all' acetabolo sinistro normale che aveva una forma emisferica. (Fig. 4D, 4E). I tagli TC sul piano trasversale mostravano una perfetta congruenza dell'EPF sinistra con l'acetabolo, mentre l'EPF destra era lontana dal fondo dell'acetabolo anche dopo la sua riduzione chirurgica. (Fig. 4E).

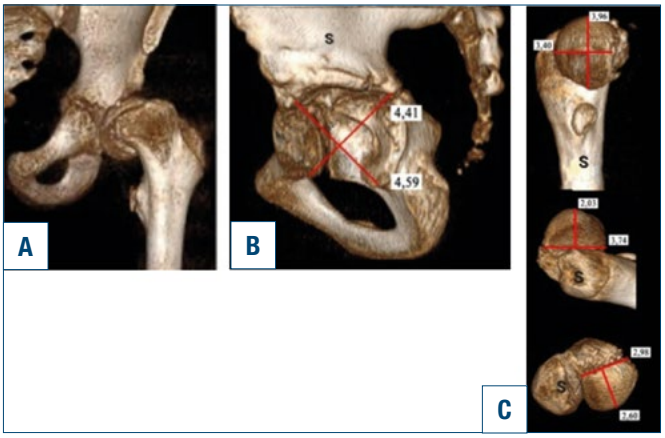


Figura 5. Esame TC 3D dell'anca sinistra di un caso di epifisiolisi acuta su cronica (A). Le misurazioni eseguite sull'acetabolo (B) e sull'epifisi prossimale del femore nei 3 piani dello spazio (C) mostrano deformazione delle due strutture anatomiche con conseguente incongruenza femoro-acetabolare.

Discussione

Nel 1964, Dunn [10] propose una nuova tecnica chirurgica di riduzione cruenta e fissazione dell'EPF a livello della dislocazione metafiso-epifisario senza lussazione chirurgica dell'anca e 14 anni dopo Dunn e Angel hanno riportato i risultati a lungo termine dell'intervento [20]. Nella loro esperienza, la prevalenza della NA era del 24% nei casi acuti e del 4% nei casi cronici. Tuttavia, negli anni successivi nessun chirurgo, adottando questa tecnica, è riuscito a ottenere i buoni risultati di Dunn, riportando al contrario un'elevata incidenza di complicazioni [21-23]. La tecnica di Dunn è stata quindi progressivamente abbandonata, specialmente nelle forme acute, in favore delle tecniche tradizionali di riduzione cruenta o a cielo chiuso ed epifisiodesi. Purtroppo, però, queste ultime, proprio nelle forme acute, sono gravate da un'incidenza di NA di circa il 24%[9] con picchi che raggiungono il 47% [8].

Nel 2001 Ganz et al. [11] hanno descritto la tecnica della "lussazione chirurgica" dell'anca con tutte le strategie e gli accorgimenti per preservare l'integrità dei vasi retinacolari che nutrono l'EPF. Nel 2007 Leunig et al. [12] hanno appli-

cato la tecnica di Ganz alla riduzione cruenta con epifisiodesi dell'EA moderata e grave, definendola "procedura di Dunn modificata" (PDM). Grazie ad essa, questi autori hanno ottenuto in tutti i casi operati una riduzione anatomica dell'EPF con lo 0% di prevalenza della NA. Con il diffondersi della tecnica in tutto il mondo, i risultati ottimali degli Autori svizzeri [12] si sono in parte modificati. Infatti, recenti revisioni sistematiche e metanalisi della letteratura sulla PDM[1 3, 14] hanno mostrato risultati complessivamente soddisfacenti, ma con una prevalenza media della NA che varia dal 10,8% al 14,3%, prevalenza che quasi si raddoppia nelle forme acute, raggiungendo il 19,9% dei casi [14 24].
L'indicazione al trattamento dell'EA dovrebbe essere basata sui pochi studi con follow-up a lungo termine [6,25-28]. Tali studi hanno dimostrato che la maggior parte dei pazienti affetti da forme lievi e moderati di EA, o non trattati [27, 28] o trattati mediante epifisiodesi "in situ" [6,25, 26], presentavano in età adulta solo modeste alterazioni artrosiche dell'anca, mentre le forme gravi di EA sviluppavano precocemente gravi alterazioni artrosiche. Queste ultime sono causata dal conflitto tra il collo femorale dislocato anteriormente e il bordo antero-superiore dell'acetabolo. Tale condizione è stata definita conflitto femoro-acetabolare (FAI) [29] e si valuta mediante l'angolo alfa, il cui valore normale è ancora dibattuto, sebbene una recente metanalisi lo fissi a 60° [30]. Indubbiamente, l'epifisiodesi "in situ" blocca un ulteriore scivolamento indipendentemente dalla sua gravità, ma non ha alcun effetto sul rimodellamento della prominenza ossea metafisaria presente alla giunzione tra l'epifisi femorale capitale (CFE) e il collo: il rimodellamento della giunzione CFE-collo è quindi cruciale per evitare il FAI e la conseguente artrosi dell'anca. Nelle forme di EA medio-gravi nelle quali il rimodellamento è insufficiente ad evitare il conflitto, la PDM ha la sua principale indicazione.
Prima dell'introduzione della PDM nella pratica clinica, gli esiti medio-gravi di EA erano trattati mediante osteotomie femorali intertrocanteriche e sottotrocanteriche, descritte da Imhauser in Europa [31] e da Southwick in Nord America [4]. Poiché la sede dell'osteotomia è lontana dalla deformità, l'entità della correzione è limitata e l'osteotomia crea una deformità secondaria a forma di Z in corrispondenza della giunzione diafisi-collo femorale che può rendere tecnicamente difficili eventuali interventi di artroprotesi d'anca. Inoltre, entrambe le osteotomie sono tecnicamente impegnative e possono associarsi a gravi complicazioni precoci come la NA e la condrolisi, sebbene studi con follow-up a lungo termine abbiano riportato buoni risultati in quasi il 70% dei casi trattati [32,33].
Nella nostra piccola casistica di EA > 40° trattati con PDM, abbiamo ottenuto il 90% circa di risultati ottimo-buoni, in linea con la letteratura attuale. La NA si è verificata nel 7% dei casi, mentre l'IA nel 14%; questi dati sono invertiti rispetto ai valori riportati dalle recenti revisioni sistematiche e metanalisi della letteratura [13,14]. Tuttavia, le nostre statistiche sono influenzate dall'esiguo numero di pazienti sottoposti a PDM.
L'eziopatogenesi della NA nella EA è stata individuata molti anni fa [34] mentre quella della IA, descritta come una "complicazione devastante" da Upasani et al. [35], non è stata ancora completamente chiarita. Sono stati formulati vari meccanismi eziopatogenetici, ma alcuni di essi sono stati oggettivamente dimostrati, mentre altri sono stati solo oggetto di teorie. Upasani et al. [35] hanno riportato un'incidenza della IA del 4% dei casi in uno studio multicentrico di 406 PDM raccolte da 8 diverse istituzioni. Questi autori hanno formulato 2 teorie sulla causa della IA postoperatoria: (1) una sutura capsulare più lassa per prevenire una costrizione meccanica dei vasi retinacolari, (2) un danno alla porzione anteriore del cercine cotiloideo causato dalla prominenza del bordo anteriore del collo del femore. Tuttavia, nei nostri 14 casi la capsula articolare è sempre stata suturata in maniera lassa, ma abbiamo avuto solo 2 casi di IA postoperatoria.
Aprato et al. [36] hanno riportato 3 casi di IA dopo PDM: 2 casi sono stati causati dalla sfuggenza del tetto acetabolare, come evidenziato da radiografie e TC, mentre il terzo caso è stato causato da un eccessivo accorciamento del collo del femore (1 cm) per decomprimere i vasi retinacolari. In questo caso, una concausa è stata la fissazione del grande trocantere senza avanzamento distale.
I risultati di Aprato sono avvalorati dallo studio radiografico di Maranho et al. [37], che hanno dimostrato come il 25% dei pazienti affetti da EA tendeva a sviluppare una ridotta copertura acetabolare simile a quella della displasia dell'anca. I fattori predisponenti sono la giovane età del paziente all'inizio della malattia, una forma grave di EA e un'ipertrofia della EPF. La conclusione degli autori è che il rimodellamento acetabolare durante le ultime fasi dell'EA può essere un fattore predisponente alla IA dopo PDM.
Dopo lo studio di Aprato [36], diversi autori hanno riportato 8 ulteriori casi di IA [17,38-40] con una prevalenza di circa il 6,6%. Tuttavia, l'eziopatogenesi della IA di HI è evidente solo in 2 degli 8 casi segnalati: un caso causato dalla presenza di un corpo libero nell'articolazione dell'anca [39] e l'altro caso dall'interposizione della capsula ripiegata tra la testa femorale e la parete acetabolare [41].
Pertanto, la letteratura precedente dimostra che solo in pochi casi di IA è stata evidenziata una causa oggettiva e che questi casi hanno avuto un buon esito dopo il re intervento. Nei casi di displasia acetabolare un'osteotomia peri acetabolare ha risolto l'IA; in altri ancora con il sospetto di una insufficienza capsulo-labrale è stata possibile la riduzione della sublussazione con l'immobilizzazione in apparecchio gessato. Tuttavia, in molti altri casi non è stato

possibile rilevare alcuna causa oggettiva e in molti di essi si è sviluppata una NA secondaria, con esiti infausti [35].
Nei nostri due casi di IA, la TC ha dimostrato perché la sublussazione non poteva essere ridotta: l'EPF deformata non poteva più adattarsi completamente all'acetabolo la cui forma s sua volta si era modificata da emisferica a ellittica in seguito all'evoluzione dell'EA. In effetti, entrambi i casi presentavano scivolamenti gravi e di lunga durata che avevano causato un progressivo rimodellamento sia dell'acetabolo che dell'EPF per i nuovi rapporti anatomici causati dal grave scivolamento: l'EPF era contenuta solo in parte nell'acetabolo mentre per metà essa era localizzata all'interno del recesso capsulare postero-mediale. Di conseguenza, l'EPF continuava a crescere al di fuori del pieno contenimento acetabolare perché la sua vascolarizzazione era mantenuta.
Abbiamo misurato l'EPF e l'acetabolo con il metodo "TC multi planare" descritta da Wang et al. [18]. Questo metodo consente all'operatore, mediante programma informatico dedicato, di effettuare contemporaneamente le misurazioni di una qualsiasi componente scheletrica nei 3 piani dello spazio. Potremmo quindi ipotizzare che un'incongruenza femoro-acetabolare, come quella dei nostri due casi, potrebbe anche essere stata la causa in quei casi di IA in cui una causa oggettiva non è stata di fatto riscontrata con le sole metodiche cliniche e radiografiche.
Il nostro studio ha diversi limiti. Si tratta di uno studio retrospettivo soggetto agli errori associati al disegno stesso dello studio. I casi operati di PDM sono pochi. Tuttavia, il lungo follow-up dei nostri pazienti è stato in grado di fornire dati interessanti sull'evoluzione di questa tecnica chirurgica. Inoltre, tutti i pazienti si sono presentati al follow up finale. In futuro, sarà comunque necessario uno studio prospettico che coinvolga un numero maggiore di pazienti.

Conclusioni

In conclusione, la PDM può essere considerato il trattamento di elezione nelle forme di EA acuta a causa del rischio minore di NA rispetto alle metodiche tradizionali e nelle forme croniche medio-gravi con elevato rischio di artrosi precoce dell'anca. Sfortunatamente, il trattamento di salvataggio nella maggior parte dei casi di NA è l'artroprotesi totale dell'anca [42], gravata da tutte le ben note complicazioni quando viene eseguita in età giovanile [43].
Per quanto riguarda invece l'eziopatogenesi dell'IA, una delle complicanze temute della PDM, si consiglia di eseguire una TC-3D nei casi di EA di lunga durata con marcata dislocazione per valutare l'incongruenza femoro-acetabolare come possibile causa dell'IA postoperatoria.

Bibliografia

1 Novais EN, Millis MB. Slipped capital femoral epiphysis: prevalence, pathogenesis, and natural history. Clin Orthop Relat Res 2012;470:3432-3438. https://doi.org/10.1007/s11999-012-2452-y
2 Ippolito E, Mickelson MR, Ponseti IV. A histochemical study of slipped capital femoral epiphysis. J Bone Joint Surg Am 1981;63:1109-1113.
3 Ippolito E, Bellocci M, Farsetti P, et al. An ultrastructural study of slipped capital femoral epiphysis: pathogenetic considerations. J Orthop Res 1989;7:252-259. https://doi.org/10.1002/jor.1100070213
4 Southwick WO. Osteotomy through the lesser trochanter for slipped capital femoral epiphysis. J Bone Joint Surg Am 1967;49:807-835.
5 Nectoux E, Décaudain J, Accadbled F, et al. French society of Orthopedic, Traumatologic Surgery (SoFCT). Evolution of slipped capital femoral epiphysis after in situ screw fixation at a mean 11 years' follow-up: a 222 case series. Orthop Traumatol Surg Res 2015;101:51-54. https://doi.org/10.1016/j.otsr.2014.12.004
6 de Poorter JJ, Beunder TJ, Gareb B, et al Long-term outcomes of slipped capital femoral epiphysis treated with in situ pinning. J Child Orthop 2016;10:371-379. https://doi.org/10.1007/s11832-016-0759-z
7 Reinhardt M, Stauner K, Schuh A, et al Slipped capital femoral epiphysis: long-term outcome and remodelling after in situ fixation. Hip Int 2016;26:25-30. https://doi.org/10.5301/hipint.5000298
8 Loder RT, Richards BS, Shapiro PS, et al. Acute slipped capital femoral epiphysis: the importance of physeal stability. J Bone Joint Surg Am 1993;75:1134-1140. https://doi.org/10.2106/00004623-199308000-00002
9 Zaltz I, Baca G, Clohisy JC. Unstable SCFE: review of treatment modalities and prevalence of osteonecrosis. Clin Orthop Relat Res 2013;471:2192-2198. https://doi.org/10.1007/s11999-012-2765-x
10 Dunn DM. The treatment of adolescent slipping of the upper femoral epiphysis. J Bone Joint Surg Br 1964;46:621-629.
11 Ganz R, Gill TJ, Gautier E, et al. Surgical dislocation of the adult hip a technique with full access to the femoral head and acetabulum without the risk of avascular necrosis. J Bone Joint Surg Br 2001;83:1119-1124. https://doi.org/10.1302/0301-620x.83b8.11964
12 Leunig M, Slongo T, Kleinschmidt M, et al. Subcapital correction osteotomy in slipped capital femoral epiphysis by means of surgical hip dislocation. Oper Orthop Traumatol 2007;19:389-410. English, German. https://doi.org/10.1007/s00064-007-1213-7
13 Gorgolini G, Caterini A, Efremov et al. Surgical treatment of slipped capital femoral epiphysis (SCFE) by Dunn pro-

cedure modified by Ganz: a systematic review. BMC Musculoskelet Disord 2022;22(Suppl 2):1064. https://doi.org/10.1186/s12891-022-05071-9

14 Jauregui JJ, Shaw NM, Weir TB, et al. Risk of avascular necrosis with the modified dunn procedure in SCFE patients: a meta-analysis. Children (Basel) 2022;9:1680. https://doi.org/10.3390/children9111680

15 Ziebarth K, Milosevic M, Lerch TD, et al. High survivorship and little osteoarthritis at 10-year follow-up in SCFE patients treated with a modified Dunn procedure. Clin Orthop Relat Res 2017;475:1212-1228. https://doi.org/10.1007/s11999-017-5252-6

16 Lerch TD, Vuilleumier S, Schmaranzer F, et al. Patients with severe slipped capital femoral epiphysis treated by the modified Dunn procedure have low rates of avascular necrosis, good outcomes, and little osteoarthritis at long-term follow-up. Bone Joint J 2019;101-B:403-414. https://doi.org/10.1302/0301-620X.101B4.BJJ-2018-1303.R1

17 Passaplan C, Gautier L, Gautier E. Long-term follow-up of patients undergoing the modified Dunn procedure for slipped capital femoral epiphysis. Bone Jt Open 2020;1:80-87. https://doi.org/10.1302/2633-1462.14.BJO-2020-0010.R1

18 Wang G, Yu H, De Man B. An outlook on x-ray CT research and development. Med Phys 2008;35:1051-1064. https://doi.org/10.1118/1.2836950

19 Harris WH. Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation. J Bone Joint Surg Am 1969;51:737-755.

20 Dunn DM, Angel JC. Replacement of the femoral head by open operation in severe adolescent slipping of the upper femoral epiphysis. J Bone Joint Surg Br 1978;60-B:394-403. https://doi.org/10.1302/0301-620X.60B3.681417

21 Jerne R, Hansson G, Wallin J, et al. Long-term results after realignment operations for slipped upper femoral epiphysis. J Bone Joint Surg Br 1996;78:745-750.

22 Velasco R, Schai PA, Exner GU. Slipped capital femoral epiphysis: a long-term follow-up study after open reduction of the femoral head combined with subcapital wedge resection. J Pediatr Orthop B 1998;7:43-52.

23 Fron D, Forgues D, Mayrargue E, et al. Follow-up study of severe slipped capital femoral epiphysis treated with Dunn's osteotomy. J Pediatr Orthop 2000;20:320-325.

24 Veramuthu V, Munajat I, Islam MA,et al. Prevalence of avascular necrosis following surgical treatments in unstable slipped capital femoral epiphysis (SCFE): a systematic review and meta-analysis. Children (Basel) 2022;9:1374. https://doi.org/10.3390/children9091374

25 Boyer DW, Mickelson MR, Ponseti IV. Slipped capital femoral epiphysis. Long-term follow-up study of one hundred and twenty-one patients. J Bone Joint Surg Am 1981;63:85-95.

26 Terjesen T, Wensaas A. Prognostic factors for long-term outcome of chronic slipped capital femoral epiphysis treated with fixation in situ. J Child Orthop 2017;11:114-119. https://doi.org/10.1302/1863-2548-11-160285

27 Ordeberg G, Hansson LI, Sandström S. Slipped capital femoral epiphysis in southern Sweden. Long-term result with no treatment or symptomatic primary treatment. Clin Orthop Relat Res 1984:95-104.

28 Carney BT, Weinstein SL. Natural history of untreated chronic slipped capital femoral epiphysis. Clin Orthop Relat Res 1996:43-47.

29 Ganz R, Parvizi J, Beck M, et al. Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip. Clin Orthop Relat Res 2003:112-120. https://doi.org/10.1097/01.blo.0000096804.78689.c2

30 van Klij P, Reiman MP, Waarsing JH, et al.Classifying Cam Morphology by the Alpha Angle: A Systematic Review on Threshold Values. Orthop J Sports Med 2020;8:2325967120938312. https://doi.org/10.1177/2325967120938312

31 Imhauser G. Pathogenesis and therapy of hip dislocation in youth. Z Orthop Ihre Grenzgeb 1956;88:3-41.

32 Kartenbender K, Cordier W, Katthagen BD. Long-term follow-up study after corrective Imhäuser osteotomy for severe slipped capital femoral epiphysis. J Pediatr Orthop 2000;20:749-756. https://doi.org/10.1097/00004694-200011000-00010

33 Trisolino G, Pagliazzi G, Di Gennaro G,et al. Long-term results of combined epiphysiodesis and imhauser intertrochanteric osteotomy in SCFE: a retrospective study on 53 hips. J Pediatr Orthop 2017;37:409-415. https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000695

34 Trueta J. The normal vascular anatomy of the human femoral head during growth. J Bone Joint Surg Br 1957;39-B:358-394. https://doi.org/10.1302/0301-620X.39B2.358

35 Upasani VV, Birke O, Klingele KE, et al. International SCFE Study Group. Iatrogenic hip instability is a devastating complication after the modified Dunn procedure for severe slipped capital femoral epiphysis. Clin Orthop Relat Res 2017;475:1229-1235. https://doi.org/10.1007/s11999-016-5094-7

36 Aprato A, Leunig M, Massé A, et al. Instability of the hip after anatomical re-alignment in patients with a slipped capital

femoral epiphysis. Bone Joint J 2017;99-B:16-21. https://doi.org/10.1302/0301-620X.99B1.BJJ-2016-0575

37 Maranho DA, Davila-Parrilla A, Miller PE, et al. Acetabular morphology in slipped capital femoral epiphysis: comparison at treatment onset and skeletal maturity. J Child Orthop 2018;12:444-453. https://doi.org/10.1302/1863-2548.12.180057

38 Davis RL, Samora WP 3rd, Persinger F, et al. Treatment of unstable versus stable slipped capital femoral epiphysis using the modified Dunn procedure. J Pediatr Orthop 2019;39:411-415. https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000975

39 Ebert N, Rupprecht M, Stuecker R, et al. Outcome of the modified Dunn procedure in severe chronic or acute on chronic slipped capital femoral epiphysis. J Orthop Surg Res 2019;14:349. https://doi.org/10.1186/s13018-019-1433-1

40 Valenza W, Soni J, Przysiada L,et al. Avascular necrosis after modified Dunn surgery for the treatment of slipped capital femoral epiphysis. Rev Bras Ortop (Sao Paulo) 2022;57:807-814. https://doi.org/10.1055/s-0042-1744499

41 Agashe MV, Pinto DA, Vaidya S. Modified Dunn osteotomy for moderate and severe slipped capital femoral epiphysis - a retrospective study of thirty hips. Indian J Orthop 2020;55:100-108. https://doi.org/10.1007/s43465-020-00156-w

42 Guindani, N.E., O.; Surace, M. F.; Cherubino, P. et al. Lussazione chirurgica dell'anca nel trattamento della malattia di Legg-Calvé-Perthes e dell'epifisiolisi moderata-severa della testa del femore. Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia 2015;41:258-266.

43 Rahm S, Hoch A, Tondelli T, Fuchs J, et al. Revision rate of THA in patients younger than 40 years depends on primary diagnosis - a retrospective analysis with a minimum follow-up of 10 years. Eur J Orthop Surg Traumatol 2021;31:1335-1344. https://doi.org/10.1007/s00590-021-02881-w