

TRATTAMENTO DELLA DEFORMITÀ NELLA SCOLIOSI DEGENERATIVA DELL'ADULTO CON CAGE UNILATERALE DAL LATO DELLA CONCAVITÀ

Unilateral cage placement on the concave side to address the deformity in degenerative lumbar scoliosis

A. DI MARTINO, C. FALDINI*, S. GIANNINI**, V. DENARO

CLR - Centro Integrato di Ricerca, Area di Ortopedia e Traumatologia, Università Campus Bio-Medico di Roma; ² UOC di Ortopedia Generale, Istituto Ortopedico Rizzoli di Bologna, Dipartimento Rizzoli Sicilia; ³ I Clinica Ortopedica, Istituto Ortopedico Rizzoli di Bologna

Indirizzo per la corrispondenza:

Alberto Di Martino
Area di Ortopedia e Traumatologia
Università Campus Bio-Medico di Roma
via Alvaro del Portillo 200, 00128 - Roma
E-mail: dimartino.cbm@gmail.com

RIASSUNTO

Background. La scoliosi dell'adulto si associa ad una patologia degenerativa discale asimmetrica con sublussazione rotatoria di molteplici unità funzionali del rachide. Il trattamento chirurgico include la decompressione, l'artrodesi dei segmenti instabili, ed il ripristino del bilanciamento segmentario e globale sui piani frontale e sagittale.

Obiettivi. Analizzare i risultati clinici e radiografici della correzione della deformità, mediante posizionamento lateralizzato di cages dal lato della concavità, in pazienti con scoliosi degenerative allo scopo di correggere la deformità coronale.

Metodi. 63 pazienti affetti da scoliosi degenerativa ed operati con la tecnica in oggetto sono stati valutati clinicamente mediante il Roland-Morris Disability Questionnaire (RMDQ) ed analisi delle complicanze, e radiologicamente con la misurazione degli angoli di Cobb e di lordosi lombare.

Risultati. Il RMDQ è passato da un valore preoperatorio medio di 16 punti, ad una media di 4 punti all'ultimo follow-up. L'angolo di Cobb è passato da una media di 24° preoperatoriamente ad 8° nel postoperatorio. Otto pazienti hanno presentato complicanze intraoperatorie o postoperatorie precoci.

Conclusioni. la tecnica proposta ha permesso un miglioramento significativo clinico e radiologico in pazienti con scoliosi dell'a-

dulto, con una bassa incidenza di complicanze. Saranno necessari studi prospettici caso controllo a supporto di tali risultati.

Parole chiave: scoliosi degenerativa, cage, correzione deformità

SUMMARY

Background. The adult scoliosis is associated with an asymmetric degenerative disc disease with rotatory subluxation of multiple functional units of the spine. Surgery consists of neural decompression, fusion of unstable segments, and the restoration of the sagittal and coronal alignment of the spine.

Objectives. To analyze the clinical and radiographic results of the correction of the deformity by an asymmetric positioning of the cages on the concave side of degenerative scoliosis patients to correct the coronal deformity.

Methods. 63 patients with degenerative scoliosis and operated on by the reported technique, were evaluated clinically by the Roland-Morris Disability Questionnaire (RMDQ) and by the analysis of complications, and radiologically by the measurement of the Cobb angles.

Results. The RMDQ has improved from a mean preoperative value of 16 points, to an average of 4 points at the last follow-up. The Cobb angle passed from an average of 24° preoperatively to 8° postoperatively. Eight patients sustained intraoperative or early postoperative complications.

Conclusion. The proposed technique is associated to a significant clinical and radiological improvement in patients with adult scoliosis, and is associated to a low rate of complications. Prospective case-control studies are needed to confirm these results.

Key words: degenerative scoliosis, cage, deformity correction

INTRODUZIONE

La scoliosi dell'adulto è una deformità spinale complessa che risulta da una combinazione dell'effetto dell'osteoporosi e di una patologia degenerativa discale asimmetrica, con associata sublussazione rotatoria di molteplici unità funzionali del rachide¹⁻⁶. Nello studio di Kilshaw et al.⁶ su circa 1500 soggetti sani, è stato rilevato come il 9,5% di questi presentasse una scoliosi lombare maggiore di 10°, confermando la maggiore incidenza nel sesso femminile; inoltre, la deformità al rachide lombare nella popolazione di studio tendeva ad aumentare con l'età, raggiungendo una prevalenza del 13% nella popolazione anziana al di sopra degli 80 anni.

I pazienti con scoliosi degenerativa presentano alcune caratteristiche anatomopatologiche peculiari, ed in particolare la degenerazione concomitante dei dischi intervertebrali e dei complessi articolari delle faccette posteriori^{2,7}; inoltre, si apprezza un collasso asimmetrico dei corpi vertebrali ed una olistesi laterale, fattori che determinano un ulteriore aumento del grado di deformità sul piano coronale^{8,9}. Nel rachide lombare, la deformità scoliotica risultante presenta una concavità che si associa ad un restringimento relativo dei forami di coniugazione omolaterali, ed un ampliamento dal lato della convessità¹⁰⁻¹². Tutti questi fattori sono spesso determinanti nel definire il quadro clinico dei pazienti affetti da scoliosi degenerativa. I sintomi clinici comprendono quelli della stenosi segmentaria con lombalgia e claudicatio, e le radicolopatie. Queste sono prevalentemente osservate a livello della concavità a causa del conflitto delle strutture neurologiche con le componenti osteofitiche e discali, e della olistesi vertebrale⁸: ciononostante, a volte la sintomatologia radicolare osservata non si correla alla deformità spinale e si manifesta dal lato della convessità della curva scoliotica¹³.

Il trattamento chirurgico è finalizzato al trattamento delle lesioni anatomopatologiche¹⁴, e tipicamente comprende la decompressione delle zone di stenosi segmentaria e la liberazione delle radici nervose interessate, l'artrodesi dei segmenti instabili, ed il ripristino del bilanciamento segmentario e globale sui piani frontale e sagittale per prevenire lo scompenso dei livelli adiacenti all'artrodesi¹⁵⁻¹⁶. L'introduzione di viti peduncolari nelle strumentazioni spinali posteriori ha rappresentato un passaggio importante per il trattamento di pazienti più anziani con deformità segmentarie, in quanto spesso permettono di ottenere un ripristino della lordosi senza necessità di un tempo chirurgico alla colonna anteriore¹⁷⁻¹⁹. Tuttavia, trattare le alterazioni anatomopatologiche anche della colonna anteriore, aumenta la stabilità dell'impianto e permette una correzione migliore delle deformità sia sul piano sagittale che su quello coronale²⁰.

L'artrodesi lombare intersomatica eseguita mediante Posterior Lumbar Interbody Fusion (PLIF), o mediante Transfo-

raminal Lumbar Interbody Fusion (TLIF), permette di ottenere questi risultati attraverso il solo approccio posteriore. La PLIF è stata introdotta da Cloward negli anni cinquanta²¹, ed è tuttora la procedura più eseguita per realizzare un'artrodesi intersomatica²². La TLIF è stata introdotta da Harms e Jeszensky, con la finalità di ridurre le complicanze secondarie alla trazione sulla dura madre e sulle radici nervose grazie all'approccio transforaminale²³.

L'artrodesi intersomatica può essere realizzata con l'osso autologo ricavato dalla decompressione o prelevato dalla cresta iliaca, con o senza cage intersomatiche. È stato descritto il posizionamento lateralizzato di cages dal lato della concavità di pazienti con scoliosi degenerative allo scopo di correggere la deformità coronale nelle scoliosi degenerative¹⁷. Heary et al.²⁴, ha riportato i risultati clinici e radiologici di 4 pazienti trattati con cage unilaterale posizionata in maniera asimmetrica dal lato della concavità, ma in letteratura manca un report strutturato che riporti i risultati clinici e radiologici di questa tecnica. Nella I Clinica Ortopedica dell'Istituto Rizzoli di Bologna, questa tecnica di trattamento delle scoliosi evolutive dell'adulto con correzione ed artrodesi per via posteriore con cage unilaterale dal lato della concavità, è applicata dal 2006²⁵.

Obiettivo di questo studio è di analizzare i risultati clinici e radiografici di questa tecnica in una corte di pazienti con scoliosi dell'adulto operati presso la I Clinica Ortopedica dell'Istituto Rizzoli di Bologna, e seguiti con un follow-up dai 2 ai 5 anni.

MATERIALI E METODI

Sono stati inclusi nel campione di studio sessantanove pazienti affetti da scoliosi dell'adulto e sottoposti ad intervento chirurgico presso la I Clinica Ortopedica dell'Istituto Rizzoli di Bologna fra il 2006 and 2010. I criteri di inclusione sono stati: 1) presenza di scoliosi dell'adulto, definite come angolo di Cobb sul piano coronale al di sopra di 10°¹; 2) intervento chirurgico con posizionamento di cage unilaterale dal lato della concavità durante una procedura di artrodesi strumentata per via posteriore; 3) follow-up minimo di 2 anni.

Sei pazienti sono stati esclusi dallo studio per mancata risposta ai questionari (n = 2), e non aderenza ai follow-up clinici e strumentali (n = 4), lasciando un campione totale di 63 pazienti. La popolazione di studio comprendeva 50 donne (80%) e 13 uomini (20%), con una età media di 59 anni (range 47-72). Sei dei 63 pazienti (9,5%) avevano subito un precedente intervento chirurgico, ed in particolare 4 erano già stati sottoposti ad una discectomia, e due avevano già presentato una recidiva di ernia del disco ed erano stati sottoposti a chirurgia decompressiva senza artrodesi.

I pazienti sono stati valutati clinicamente mediante il Roland-Morris Disability Questionnaire (RMDQ) nella ver-

sione italiana validata ²⁶. Gli studi radiologici di routine nel preoperatorio sono consistiti in Rx standard del rachide ed in proiezioni dinamiche in flessione, estensione e bending per la definizione di curve stabili o instabili ^{25 27}. Nel postoperatorio le Rx sono state eseguite a una settimana dall'intervento, 3 mesi, 6 mesi, un anno e quindi annualmente. Nel follow-up radiografico sono stati considerati l'angolo di Cobb per misurare la deformità sul piano coronale (angolo fra le end-vertebre più inclinate della curva coronale), ed in sagittale l'angolo di lordosi lombare (calcolato fra le linee dell'endplate superiore di L1 e di S1) ²⁸.

L'intervento chirurgico per tutti i pazienti è consistito in una decompressione, riduzione ed artrodesi strumentata per via posteriore con viti peduncolari e barre longitudinali, e posizionamento selettivo di cages intersomatiche dal lato della concavità. La decompressione delle strutture neurologiche è stato stabilito in funzione del quadro clinico ed anatomopatologico del singolo paziente, e trattato mediante emilaminectomia o laminectomia, foraminotomia ed arrectomia ai diversi livelli. Il posizionamento della cage è stato effettuato nei segmenti che rispondevano ad almeno uno dei seguenti criteri: (1) degenerazione discale asimmetrica o erniazione discale lombare, (2) presenza di traslazione della vertebra > 3mm rispetto alla sottostante (3) instabilità segmentaria (4) patologia degenerativa evidente dal lato della concavità della curva.

Sono state registrate tutte le complicanze nella popolazione di studio, intese come eventi inattesi per i quali i pazienti hanno richiesto trattamenti aggiuntivi. Le complicanze sono state suddivise in intraoperatorie, e postoperatorie precoci (< 3 mesi) ed in complicanze tardive (> 3 mesi) ²⁹.

Nel postoperatorio, i pazienti sono stati allettati per circa 48 ore in base al livello emoglobinico ed allo stato generale. In seguito, i pazienti sono stati fatti alzare con una ortesi lombare con ausilio del fisioterapista. La dimissione solitamente è avvenuta a 5-7 giorni dall'intervento chirurgico.

L'analisi statistica ha posto a paragone gli score del RMDQ e gli angoli di Cobb e di lordosi lombare, confrontando i dati preoperatori rispetto ai dati dell'ultimo follow-up disponibile con test t di student per dati appaiati. Valori di P < 0,05 sono stati considerati significativi.

RISULTATI

Caratteristiche della popolazione di studio

Preoperatoriamente, tutti i 63 pazienti presentavano lombalgia con o senza sintomi neurologici (radicolopatia a claudicatio). Preoperatoriamente, 54 dei 63 pazienti (86%) presentavano una radicolopatia associata mentre la claudicatio neurogena era presente in 41 dei 63 pazienti (65%).

In media sono stati artrodesizzati 4 livelli, con un range da 3 a 9 segmenti. La artrodesi è stata estesa cranialmente a T10 in 11 pazienti, a T11 in 5 pazienti, a T12 in 3 pazienti, ad L1 in 14 pazienti, ad L2 in 16 pazienti, ad L3 in 10 pazienti, ad L4 in 4 pazienti. Caudalmente l'artrodesi ha raggiunto L3 in 4 pazienti, L4 in 21 pazienti, L5 in 23 pazienti, ed il sacro in 15 pazienti.

In tutti i pazienti è stata utilizzata una cage intersomatica in PEEK riempita con osso autologo locale prelevato durante la laminectomia; in media, sono stati trattati due livelli per paziente con range di 1-3 livelli. I livelli di inserzione della cage sono stati L2/L3 (n = 27), L3/L4 (n = 52), L4/L5 (n = 37), L5/S1 (n = 9), per un totale di 125 impianti.

Lo score medio del RMDQ nel preoperatorio è stato di 16 punti (range 12-21). A 6 mesi dall'intervento, la media è stata di 7 punti (range 6-10) (P < 0,01). Ad un anno dall'intervento, lo score medio era di 5 (range 4-5). All'ultimo follow-up (media 4 anni, range 2-5 anni dall'intervento) lo score medio era di 4 (range 2-5).

Valutazione radiologica

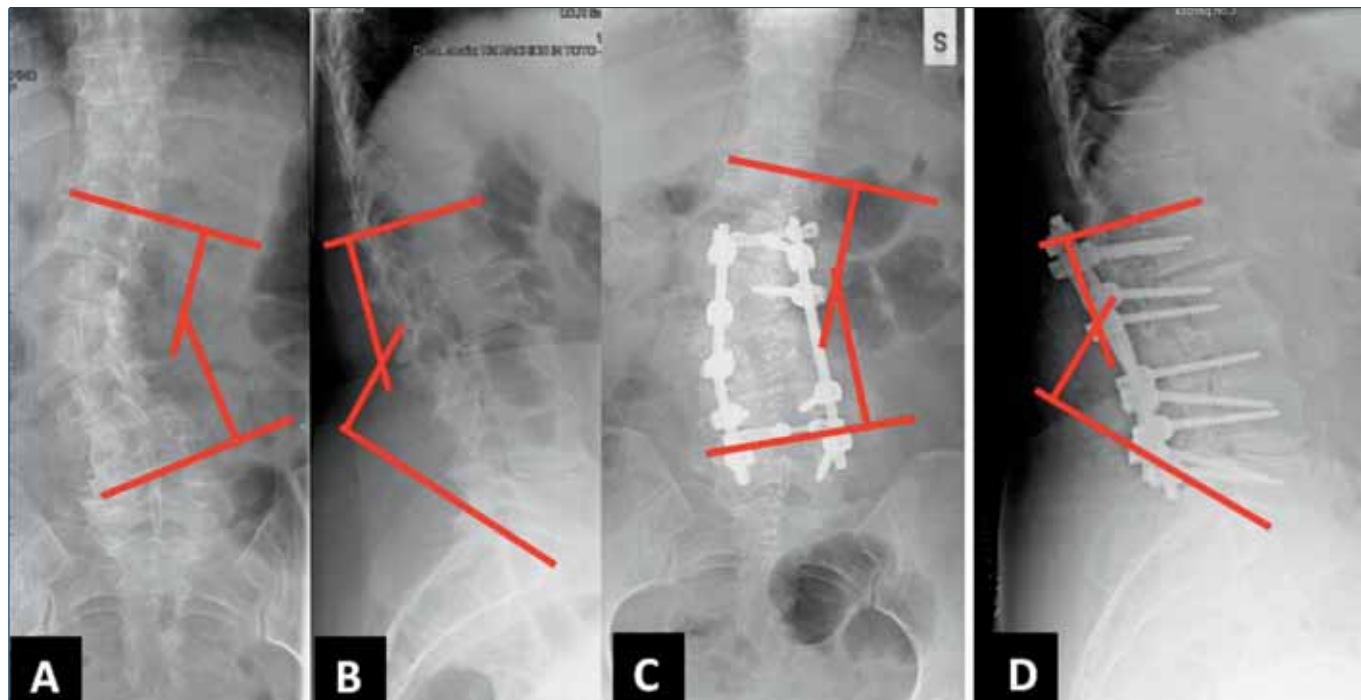
L'analisi radiografica (Fig. 1) ha mostrato 41 di 63 pazienti (65%) con una curva lombare degenerativa stabile, mentre 22 pazienti (35%) hanno presentato una curva instabile. Il confronto dei valori radiografici misurati pre e postoperatori all'ultimo follow-up (Fig. 1) ha mostrato una correzione significativa dell'angolo di Cobb sul piano coronale, che è passato da una media di 24° preoperatoriamente (range 15-42) ad 8° nel postoperatorio (range 3°-18°) (P < 0,05). L'angolo di lordosi lombare è passato da -27° (range da +5 a -45) preoperatoriamente, a -38° all'ultimo follow-up disponibile (range da -24 a -50) (P < 0,05).

Complicanze

Otto pazienti hanno presentato complicanze intraoperatorie o postoperatorie precoci. Quattro hanno riportato lesioni durali incidentali trattate con sutura ed applicazione di colla di fibrina. Nel postoperatorio questi pazienti sono stati allettati per 3-5 giorni, e quindi verticalizzati con una ortesi elastica. Nessuno di questi pazienti ha richiesto un trattamento aggiuntivo di drenaggio lombare o reintervento. Un paziente ha presentato paralisi transitoria del tibiale anteriore e comparsa di sciatica: questo paziente è stato rioperato per riposizionare una vite lombare, ottenendo un recupero completo a 6 mesi dal reintervento. Un altro paziente ha sviluppato una infezione chirurgica superficiale trattata con toilette chirurgica lasciando l'impianto in sede, e trattamento antibiotico prolungato per 12 settimane, come da indicazioni dell'infettivologo. Due pazienti hanno presentato complicanze tardive. In particolare, questi due pazienti hanno presentato dopo due e tre anni rispettivamente dall'intervento chirurgico una

FIGURA 1.

Valutazione sul piano coronale e sagittale degli angoli di Cobb e di lordosi lombare nel pre (A, B) e postoperatorio (C, D).



rottura della barre da pseudoartrosi. I pazienti sono stati rioperati per revisione del focolaio di artrodesi e sostituzione dell'impianto con risoluzione del quadro clinico.

DISCUSSIONE

Nella maggior parte dei casi, con il solo approccio posteriore si può correggere una scoliosi con una efficacia paragonabile ai più complessi approcci anteriore e posteriore combinati^{30 31}. Come riportato da Wang et al., nel 2011³², su un editoriale di commento riguardo al manoscritto di Tsai et al.³³, il limite maggiore della correzione multilivello della scoliosi dell'adulto con cage intersomatica per via posteriore è la limitata capacità di correzione segmentaria della deformità, che richiede di trattare molteplici livelli per ottenere l'entità di correzione desiderata. Di converso, il vantaggio maggiore è rappresentata dal fatto che con l'uso della strumentazione posteriore si ottiene una migliore correzione della lordosi³⁴; d'altronde, la relativa duttilità di questa tecnica è dimostrata dalla sua diffusione nel trattamento dei pazienti affetti da scoliosi dell'adulto. Ciononostante, la capacità di correzione della deformità con questa tecnica può non risultare sufficiente nei casi più complessi in cui il ripristino del bilanciamento sagittale può richiedere di associare un approccio

anteriore, o l'esecuzione di osteotomie vertebrali³⁵. La patologia alla colonna anteriore dei pazienti con scoliosi dell'adulto condiziona il quadro anatomopatologico: il restringimento dello spazio discale altera la dimensione del forame e determina una stenosi³⁶, pertanto, ripristinando l'altezza discale si ottiene anche il bilanciamento dei forami e la decompressione indiretta delle radici nervose interessate^{37 38}. In questo studio, la patologia della colonna anteriore è stata trattata mediante l'inserimento di una cage in PEEK in maniera asimmetrica, dal lato della concavità della curva scoliotica²⁴. Se si esclude la serie di 4 pazienti trattati da Heary nel 2010²⁴, questa risulta essere la prima corte di pazienti trattata in maniera standardizzata e seguita con un adeguato follow-up. Nel suo studio, Heary ha riportato risultati incoraggianti nell'utilizzo di questa tecnica in pazienti di sesso femminile con deformità lombare scoliotica che presentassero lombalgia e dolore radicolare intrattabile, ritenendo che la radicolopatia fosse la motivazione principale dell'impianto della cage dal lato della concavità. Nello studio attuale, su 63 pazienti consecutivi con follow-up dai 2 ai 5 anni, il trattamento è stato finalizzato prevalentemente al trattamento della deformità, e l'impianto della cage è stato indipendente dalla presenza di radicolopatia, partendo dall'osservazione clinica che

spesso la presenza della radicolopatia è indipendente dalla direzione della curva¹³.

Limite di studio è il suo disegno retrospettivo e l'assenza di un gruppo di controllo, condizioni che sono entrambe obiettivi che ci proponiamo di realizzare nei prossimi lavori. I punti di forza di questo studio consistono nell'utilizzo di misure dei risultati clinici e radiografici secondo standard validati, in una popolazione di studio ampia, ed in un follow-up a medio termine. Il fatto di avere un follow-up fino ai 5 anni infatti non è un elemento di secondo piano. Nella maggior parte degli studi sull'argomento è riportato il follow-up medio a circa 2 anni ma, come evidenziato da Bridwell et al.³⁹ su di una popolazione di 113 pazienti con deformità spinale dell'adulto sottoposta ad intervento chirurgico, ad un follow-up di 3-5-anni si apprezza un aumento delle complicanze tardive nonostante i risultati clinici e radiologici rimanessero costanti. Nel nostro studio, il follow-up più lungo ha permesso di osservare una pseudoartrosi a 3 anni dall'intervento chirurgico. Mediante l'utilizzo della cage asimmetrica unilaterale dal lato della concavità sono stati ottenuti risultati clinici e radiografici significativi. In particolare, sul piano coronale abbiamo osservato un miglioramento medio di 16°. Parallelamente, la lordosi lombare, grazie alla strumentazione pedunculare posteriore, è passata da una media di -27° preoperatori, ad un valore postoperatorio di -38°. L'uso della cage anteriore fornisce inoltre un supporto strutturale all'artrosi, oltre a rappresentare un elemento correttivo della deformità. L'utilizzo di una cage singola solitamente viene considerata in condizioni atipiche quali durante una PLIF, quali il restringimento eccessivo dello spazio discale, la presenza di anomalie di emergenza radicolare, e la presenza di aderenze radicolari ed epidurali in caso di cicatrici in esiti di precedenti interventi chirurgici⁴⁰⁻⁴¹. All'opposto, nell'approccio transforaminale, l'utilizzo di una cage sola fa parte della stessa tecnica e fornisce lo stesso supporto strutturale⁴².

Diversi studi hanno valutato il ruolo del posizionamento della cage assieme a sistemi di fissazione con viti peduncolari sulla stabilità all'impianto⁴³⁻⁴⁵. Wang et al.⁴⁴ in uno studio su cadavere hanno paragonato il posizionamento di cages cilindriche sagittali o oblique, trovando che il maggiore determinante della stabilità del costruito fosse la presenza di una fissazione pedunculare con viti, indipendentemente dal sito di posizionamento della cage. Harris et al.⁴³ hanno confermato questi risultati dimostrando che l'aggiunta di una strumentazione pedunculare ad un costruito con cage intersomatica ha flessibilità paragonabile al segmento intatto. Non è da escludere che simili risultati possano essere ottenuti anche con strumentazione posteriore con uncini laminari⁴⁶, ma tale comparazione esula dagli obiettivi del nostro studio, che invece confer-

ma che la cage asimmetrica permette anche di correggere la deformità coronale nei pazienti affetti da scoliosi, rivestendo probabilmente anche un ruolo con assiaeme alla strumentazione pedunculare posteriore nel ripristino dell'allineamento sagittale del rachide.

La procedura chirurgica proposta è associata ad una incidenza accettabile di complicanze intra e postoperatorie. Come dimostrato da Smith et al.⁴⁷, pazienti oltre i 45 anni solitamente presentano deformità più severe ed hanno un maggiore rischio di complicanze nel perioperatorio rispetto a pazienti di fasce di età inferiori. La nostra popolazione di studio era tutta al di sopra di questo limite di età, e noi supportiamo quando possibile l'utilizzo di un approccio posteriore perché più rapido ed associato ad un tasso minore di complicanze. Anche la chirurgia di revisione in questa popolazione rappresenta un elemento da tenere in considerazione. Nello studio di Pichelmann et al.⁴⁸, su di una popolazione di 643 pazienti con follow up di 22 anni, l'incidenza di reinterventi si approssimava al 9%. Gli autori hanno riportato che la causa più frequente di reintervento nella loro casistica fossero la pseudoartrosi, la progressione della curva, e l'infezione. Le revisioni erano più frequenti nei primi due anni (26 dei 58 pazienti), ma una certa percentuale veniva rioperata fino a 10 anni dal primo intervento. Nella nostra popolazione di studio, i reinterventi sono stati 4 su 63 (6%); in particolare, un paziente è stato rioperato tre giorni dopo il primo intervento per una paralisi del tibiale anteriore da malposizionamento di una vite, uno ha avuto una infezione precoce, e due sono stati revisionati per pseudoartrosi a due e tre anni dall'intervento rispettivamente. Probabilmente l'incidenza maggiore di complicanze riportato da Pichelmann è dovuta al fatto che analizza risultati di artrosi di almeno 5 livelli. Cho et al.⁴⁹, che pone a confronto pazienti operati di artrosi corte e lunghe per deformità, hanno osservato come pazienti con artrosi lunghe abbiano infatti maggiore tendenza alle complicanze ed al reintervento.

In conclusione, il posizionamento di cage unilaterale dal lato della concavità assieme a strumentazione pedunculare posteriore ha permesso un miglioramento significativo clinico e radiologico in pazienti con scoliosi dell'adulto, con una bassa incidenza di complicanze. Nel nostro studio su 63 pazienti, il miglioramento radiologico nell'angolo di Cobb sul piano coronale e della lordosi lombare sul piano sagittale sono associati ad un miglioramento clinico significativo nel RMDQ. Riconosciamo che i risultati di questo lavoro rappresentano un livello di evidenza IV; ciononostante, sulla base di questi risultati positivi, stiamo pianificando uno studio prospettico caso controllo con la finalità di validare questi risultati e produrre un maggior livello di evidenza.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Aebi M. *The adult scoliosis*. Eur Spine J 2005;14:925-48.
- 2 Daffner SD, Vaccaro AR. *Adult degenerative lumbar scoliosis*. Am J Orthop 2003;32:77-82.
- 3 Ploumis A, Transfeldt EE, Gilbert TJJ, et al. *Degenerative lumbar scoliosis: radiographic correlation of lateral rotatoryolisthesis with neural canal dimensions*. Spine (Phila Pa 1976) 2006;31:2353-2358
- 4 Freedman BA, Horton WC, Rhee JM, et al. *Reliability analysis for manual radiographic measures of rotatory subluxation or lateral listhesis in adult scoliosis*. Spine (Phila Pa 1976) 2009;34:603-8.
- 5 Urrutia J, Espinosa J, Diaz-Ledezma C, et al. *The impact of lumbar scoliosis on pain, function and health related quality of life in postmenopausal women*. Eur Spine J 2011;20:2233-2237
- 6 Kilshaw M, Baker RP, Gardner R, et al. *Abnormalities of the lumbar spine in the coronal plane on plain abdominal radiographs*. Eur Spine J 2011;20:429-433
- 7 Ploumis A, Transfeldt EE, Denis F. *Degenerative lumbar scoliosis associated with spinal stenosis*. Spine J 2007;7:428-36.
- 8 Tribus CB. *Degenerative lumbar scoliosis: evaluation and management*. J Am Acad Orthop Surg 2003;11:174-183
- 9 Pritchett JW, Bortel DT. *Degenerative symptomatic lumbar scoliosis*. Spine (Phila Pa 1976) 1993;18:700-3.
- 10 Liu H, Ishihara H, Kanamori M, et al. *Characteristics of nerve root compression caused by degenerative lumbar spinal stenosis with scoliosis*. Spine J 2003;3:524-9.
- 11 Perennou D, Marcelli C, Herisson C, et al. *Adult lumbar scoliosis. Epidemiologic aspects in a low-back pain population*. Spine (Phila Pa 1976) 1994;19:123-8.
- 12 Trammell TR, Schroeder RD, Reed DB. *Rotatoryolisthesis in idiopathic scoliosis*. Spine (Phila Pa 1976) 1988;13:1378-82.
- 13 de Vries AA, Mullender MG, Pluymakers WJ, et al. *Spinal decompensation in degenerative lumbar scoliosis*. Eur Spine J 2010;19:1540-1544
- 14 Denaro V. *Comment decider de l'attitude therapeutique dans les syndromes chroniques*. Revue de Chirurgie Orthopedique 1982;68:245-6
- 15 Wu CH, Wong CB, Chen LH, et al. *Instrumented posterior lumbar interbody fusion for patients with degenerative lumbar scoliosis*. J Spinal Disord Tech 2008;21:310-315
- 16 Glassman SD, Carreon LY, Djurasovic M, et al. *Lumbar fusion outcomes stratified by specific diagnostic indication*. Spine J 2009;9:13-21.
- 17 Birknes JK, White AP, Albert TJ, et al. *Adult degenerative scoliosis: a review*. Neurosurgery 2008;63:A94-A103.
- 18 Denaro V, Gulino G, Diez F. *Il Dopo Harrington. Sistema Compact CD*. Applicazioni nella spondilolistesi 1995 Volume GIS XVIII.
- 19 Denaro V, Papapietro N, Sgambato A, et al. *Periprosthetic electrochemical corrosion of titanium and titanium-based alloys as a cause of spinal fusion failure*. Spine (Phila Pa 1976) 2008;33:8-13.
- 20 Aebi M. *The adult scoliosis*. Eur Spine J 2005;14:925-948.
- 21 Cloward RB. *Posterior lumbar interbody fusion updated*. Clin Orthop Relat Res 1985;193:16-9.
- 22 Brislin B, Vaccaro AR. *Advances in posterior lumbar interbody fusion*. Orthop Clin North Am 2002;33:367-74.
- 23 Harms JG, Jerszensky D. *The unilateral, transforaminal approach for posterior lumbar interbody fusion*. Orthop Traumatol 1998;6:88-99.
- 24 Heary RF, Karimi RJ. *Correction of lumbar plane deformity using unilateral cage placement*. Neurosurgical Focus 2010;28:E10.
- 25 Faldini C. *The Degenerative Scoliosis*. Bologna: Timeo Editore 2009.
- 26 Padua R, Padua L, Ceccarelli E, et al. *Italian version of the Roland Disability Questionnaire, specific for low back pain: cross-cultural adaptation and validation*. Eur Spine J 2002;11:126-9.
- 27 Faldini C, Di Martino A, De Fine M, et al. *Current classification systems for adult degenerative scoliosis*. Musculoskelet Surg 2013;97:1-8.
- 28 Li F, Chen Q, Chen W, et al. *Posterior-only approach with selective segmental TLIF for degenerative lumbar scoliosis*. J Spinal Disord Tech 2011;24:308-12.
- 29 Cho KJ, Suk SI, Park SR, et al. *Complications in posterior fusion and instrumentation for degenerative lumbar scoliosis*. Spine (Phila Pa 1976) 2007;32:2232-7.
- 30 Crandall DG, Revella J. *Transforaminal lumbar interbody fusion versus anterior lumbar interbody fusion as an adjunct to posterior instrumented correction of degenerative lumbar scoliosis: three year clinical and radiographic outcomes*. Spine (Phila Pa 1976) 2009;34:2126-33.
- 31 Zimmerman RM, Mohamed AS, Skolasky RL, et al. *Functional outcome and complications after primary spinal surgery for scoliosis in adults aged forty years or older: a prospective study with minimum two-year follow-up*. Spine (Phila Pa 1976) 2010;35:1861-6.
- 32 Wang MY. *PLIF for the treatment of adult spinal deformity*. Acta Neurochir (Wien) 2011;153:557.
- 33 Tsai TH, Huang TY, Lieu AS, et al. *Functional outcome analysis: instrumented posterior lumbar interbody fusion for degenerative lumbar scoliosis*. Acta Neurochir (Wien) 2011;153:547-55.
- 34 La Grone MO. *Loss of lumbar lordosis. A complication of spinal fusion for scoliosis*. Orthop Clin North Am 1988;19:383-93.
- 35 Hassanzadeh H, Jain A, El Dafrawy MH, et al. *Three-column osteotomies in the treatment of spinal deformity in adult patients 60 years old and older: outcome and complications*. Spine (Phila Pa 1976) 2012 Nov 7 [Epub ahead of print].
- 36 Jagannathan J, Sansur CA, Oskourina RJ, et al. *Radiographic restoration of lumbar alignment after transforaminal lumbar interbody fusion*. Neurosurgery 2009;64:955-64.
- 37 Brodke DS, Dick JC, Kunz DN, et al. *Posterior lumbar interbody fusion. A biomechanical comparison, including a new threaded cage*. Spine (Phila Pa 1976) 1997;22:26-31.
- 38 Schlegel JD, Champine J, Taylor MS, et al. *The role of distraction in improving the space available in the lumbar stenotic canal and foramen*. Spine (Phila Pa 1976) 1994;19:2041-2047
- 39 Bridwell KH, Baldus C, Berven S, et al. *Changes in radiographic and clinical outcomes with primary treatment adult spinal deformity surgeries from two years to three-to five-years follow-up*. Spine (Phila Pa 1976) 2010;35:1849-54.
- 40 Fogel GR, Toohy JS, Neidre A, et al. *Is one cage enough in posterior lumbar interbody fusion: a comparison of unilateral single cage interbody fusion to bilateral cages*. J Spinal Disord Tech 2007;20:60-5.
- 41 Denaro V, Di Martino A, Longo UG, et al. *Effectiveness of a mucolytic agent as a local adjuvant in revision lumbar spine surgery*. Eur Spine J 2008;17:1752-6.
- 42 Kettler A, Schmoelz W, Kast E, et al. *In vitro stabilizing effect of a transforaminal compared with two posterior lumbar interbody fusion cages*. Spine (Phila Pa 1976) 2005;30:E665-E670
- 43 Harris BM, Hilibrand AS, Savas PE, et al. *Transforaminal lumbar interbody fusion: the effect of various instrumentation techniques on the flexibility of the lumbar spine*. Spine (Phila Pa 1976) 2004;29:E65-E70
- 44 Wang ST, Goel VK, Fu CY, et al. *Posterior instrumentation reduces differences in spine stability as a result of different cage orientations: an in vitro study*. Spine (Phila Pa 1976) 2005;30:62-67
- 45 Duncan JW, Bailey RA. *An analysis of fusion cage migration in unilateral and bilateral fixation with transforaminal lumbar interbody fusion*. Eur Spine J 2013;22:439-45.
- 46 McCormick J, Aebi M, Toby D, et al. *Pedicle screw instrumentation and spinal deformities: have we gone too far?* Eur Spine J 2013;22 [Suppl 2]:S216-24.
- 47 Smith JS, Shaffrey CI, Glassman SD, et al. *Clinical and radiographic parameters that distinguish between the best and worst outcomes of scoliosis surgery for adults*. Eur Spine J 2013;22:402-10.
- 48 Pichelmann MA, Lenke LG, Bridwell KH, et al. *Revision rates following primary adult spinal deformity surgery: six hundred forty-three consecutive patients followed-up to twenty-two years postoperative*. Spine (Phila Pa 1976) 2010;35:219-226
- 49 Cho KJ, Suk SI, Park SR, et al. *Short fusion versus long fusion for degenerative lumbar scoliosis*. Eur Spine J 2008;17:650-6.