



Cesare Faldini

Professore Ordinario di Ortopedia e Traumatologia,
Università di Bologna,
Direttore 1^a Clinica Ortopedica e Traumatologica,
Istituto Ortopedico Rizzoli,
Bologna

Attuali orientamenti nelle strategie di trattamento chirurgico della scoliosi idiopatica dell'adolescente e della scoliosi dell'adulto

Surgical treatment of adolescent and adult idiopathic scoliosis

Introduzione

La scoliosi è una deviazione laterale e permanente della colonna vertebrale che si manifesta associata a fenomeni di inclinazione, rotazione e deformità cuneiforme delle singole vertebre non correggibile spontaneamente in posizione eretta ¹. La scoliosi è una deformità dinamica che può comparire in ogni momento della vita e si manifesta inizialmente con una curva di entità modesta, la cui incidenza nella popolazione generale è decisamente elevata (circa 8%) ¹. L'osservazione clinica ripetuta nel tempo di una curva lieve ed una corretta classificazione etiologica (Tab. I) permette al clinico di valutarne il rischio evolutivo ². Questo aspetto è stato considerato soprattutto per le curve scoliotiche osservate durante l'accrescimento; tuttavia, oggi deve essere riportato anche alle curve scoliotiche dell'adulto che, seppur con incidenza inferiore rispetto all'adolescente, possono conoscere periodi di relativa stabilità e periodi più rapidamente evolutivi ad alto potenziale di aggravamento ³. Conseguentemente, anche il concetto di scoliosi chirurgica con una curva maggiore di 40 gradi Cobb deve essere rivisto in base all'età di osservazione del paziente e dal suo complesso sintomatologico ^{4,5}.

Nelle scoliosi ad insorgenza precoce (infantili), una volta accertata l'evoluitività della curva il trattamento chirurgico deve essere iniziato precocemente allo scopo di correggere (e mantenere corretta) la colonna durante l'accrescimento, ritardando il più possibile l'artrodesi definitiva. La tecnica impiegata, storicamente conosciuta come "end fusions" o artrodesi apicali preparatorie, è stata ideata da P.G. Marchetti e A. Faldini nel 1978 ² e successivamente modificata ⁶ e consiste in un primo intervento di applicazione dei mezzi di sintesi allungabili che ritensionati

Tabella I. Classificazione di P.G. Marchetti e A. Faldini.

Congenite	Da difetti di formazione (emispondilo)	
	Da difetti di segmentazione (sinostosi)	
	Da cause miste	
Secondarie	Malattie congenite	Neurofibromatosi
		Sindrome di Marfan
		Miopatie
	Malattie acquisite	Artrogriposi
		Idiopatiche
		Rachitismo
		Poliomielite
	Post-traumatiche	

Indirizzo per la corrispondenza:

Cesare Faldini

1^a Clinica Ortopedica,
Università di Bologna,
Istituto Ortopedico Rizzoli
via G. Pupilli, 1
40136 Bologna

E-mail: cesare.faldini@ior.it

periodicamente producono una graduale correzione della colonna senza bloccare la crescita fino al raggiungimento del periodo adolescenziale, nel quale viene eseguita l'artrodesi definitiva².

Nelle scoliosi giovanili e adolescenziali l'indicazione al trattamento chirurgico deve tener conto delle caratteristiche della curva quali sede ed entità, il grado di maturazione scheletrica, il potenziale di aggravamento, le potenziali conseguenze sull'apparato cardiocircolatorio, respiratorio, nervoso e le possibilità o difficoltà di trattamento incruento, ecc. (Figg. 1, 2). Fondamentale è la valutazione della componente rotatoria della scoliosi che è la responsabile dell'insorgenza del gibbo costale; è inoltre fondamentale considerare le alterazioni sul piano sagittale caratterizzate da riduzione o aumento della cifosi toracica. Sono inoltre da considerare l'aspetto clinico, lo sbilanciamento del tronco, le asimmetrie prodotte dalla deformità ed il potenziale aggravamento nell'età adulta.

Nelle scoliosi dell'adulto è necessario considerare separatamente le scoliosi idiopatiche in aggravamento oltre il



Figura 1. Scoliosi lombare Lenke 5 di 35° in paziente ancora immatura (Risser 2). Il rischio di peggioramento verso una deformità da trattare chirurgicamente è elevato.

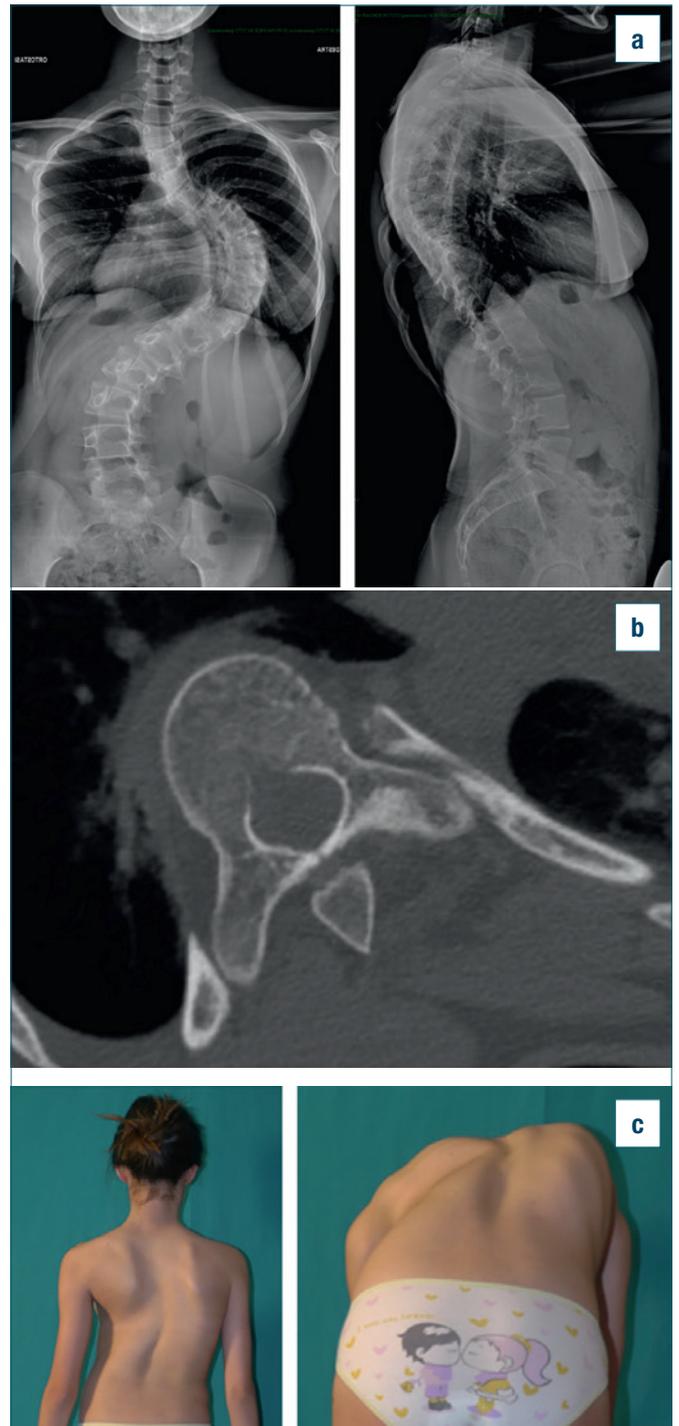


Figura 2. a) Scoliosi idiopatica toracica (Lenke 1C) di 96° Cobb in paziente di 14 anni Risser 4. La severa rotazione vertebrale già visibile alla radiografia è ben evidenziata alla tac (b) ed è responsabile dell'imponente gibbo costale.

termine dell'accrescimento dalle scoliosi comparse in età adulta (de-novo) (Fig. 3).

Per quanto riguarda le scoliosi adolescenziali in fase di aggravamento oltre il termine dell'accrescimento l'indicazione al trattamento chirurgico tiene conto degli stessi parametri delle scoliosi dell'adolescente cui devono essere sommati altri parametri quali la rigidità acquisita dalla curva, la qualità dell'osso e il dolore (Fig. 4). Va inoltre considerato lo sbilanciamento secondario della colonna dovuto alla progressione delle curve di compenso, che generando angoli Cobb di lieve entità produce gravi conseguenze funzionali ed estetiche ⁷. Ulteriore aspetto della scoliosi dell'adulto è il sintomo dolore, che è in genere dovuto all'evoluzione artrosica del complesso articolare vertebrale con discopatie ed artrosi interapofisarie. Utile, nella scelta del trattamento chirurgico la classificazione di Aebi delle scoliosi dell'adulto (Tab. II) ³.

Le scoliosi comparse in età adulta sono in genere caratterizzate da angoli Cobb di entità più lieve, ma non per questo meno gravi. L'apice della deformità è spesso il disco intervertebrale, sono coinvolte poche vertebre nella curva e la componente rotatoria della deformità non è accentuata ⁵⁻⁷⁻⁹. Dotate di scarso compenso sia sul piano frontale che sul piano sagittale danno origine spesso ad evidenti sbilanciamenti del tronco. Dal punto di vista clinico sono caratterizzate dal dolore sia centrale che periferico dovuto alla compressione radicolare conseguente alla degenerazione artrosica dei dischi intervertebrali e/o delle articolazioni interapofisarie (Fig. 5).



Figura 3. a) Scoliosi idiopatica dell'adulto. Sono evidenti le asimmetrie delle spalle, dei fianchi e il gibbo toraco-lombare destro (b).

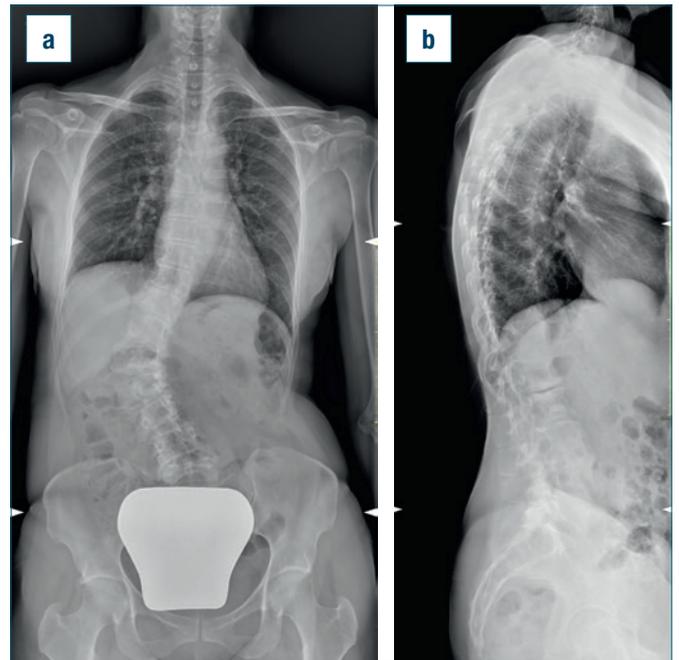


Figura 4. a-b) Paziente di 52 anni affetta da scoliosi idiopatica dell'adulto tipo Lenke 5. Oltre alle tipiche alterazioni della scoliosi idiopatica si notano la strutturazione delle curve di compenso, la degenerazione artrosica e la perdita della lordosi lombare con scompenso sagittale.

Tabella II. Classificazione di Aebi M.

Tipologia della curva	Caratteristiche
Tipo I	Scoliosi "de novo" dovuta ad una degenerazione asimmetrica del disco. Presenza di stenosi (vertebrale) che può essere centrale, foraminale o mista
Tipo II	Progressione nell'età adulta di una scoliosi idiopatica stabile (giovanile). Le curve si presentano in associazione con fenomeni degenerativi secondari e/o sbilanciamento
Tipo IIIa	Scoliosi dovuta a patologia intraspinale (intravertebrale) o extravertebrale (extraspinale)
Tipo IIIb	Deformità dovuta alla scarsa qualità dell'osso come conseguenza di patologie metaboliche, in associazione ad una degenerazione asimmetrica segmentaria. La scarsa qualità dell'osso può determinare fratture con conseguente asimmetria, cifosi, scoliosi o quadri combinati

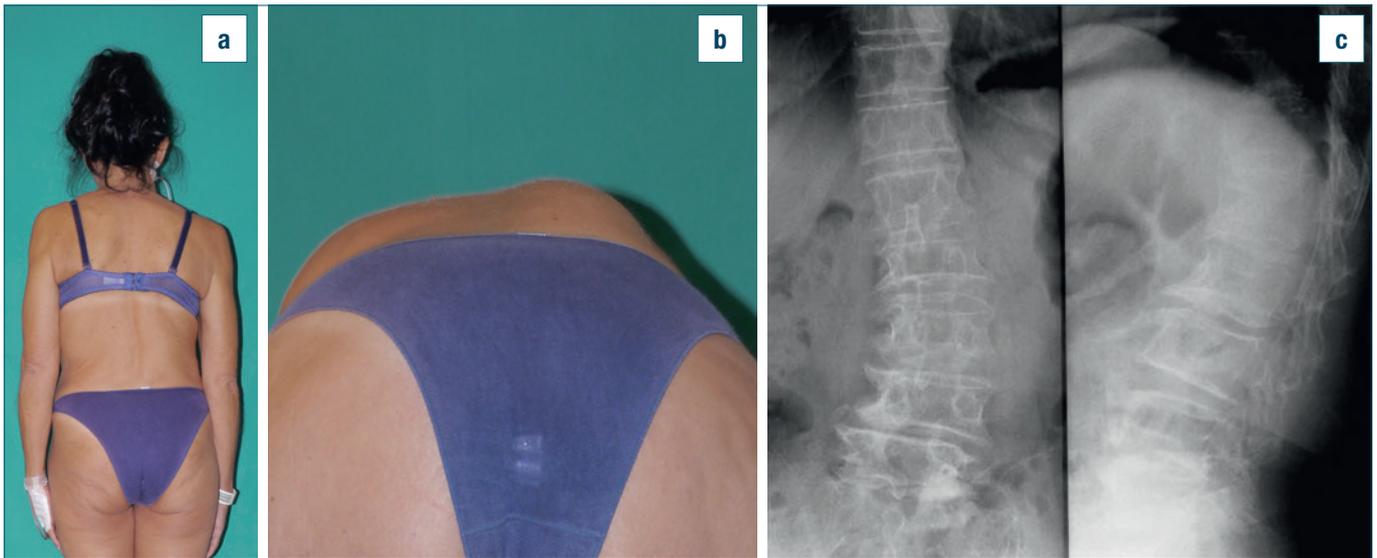


Figura 5. Paziente di 64 anni affetta da scoliosi de-novo con scarse asimmetrie e gibbosità (a, b). Radiograficamente la curva ha apice nei dischi intervertebrali, c'è scarsa rotazione, e una severa alterazione del profilo sagittale con perdita della fisiologica lordosi lombare.

Trattamento chirurgico della scoliosi adolescenziale

Gli attuali orientamenti nel trattamento chirurgico della scoliosi consistono nella possibilità di ottenere la correzione della deformità sul piano frontale, sul piano sagittale e nella sua componente rotatoria, restituendo alla colonna un buon bilanciamento globale. La correzione tridimensionale della curva permette di limitare al minimo l'area di artrodesi lasciando alla colonna un considerevole movimento residuo (Fig. 6). La strategia chirurgica si basa sui seguenti principi: pianificazione preoperatoria, monitoraggio intraoperatorio somatosensoriale, avvitanimento peduncolare ad alta densità, derotazione vertebrale diretta, applicazione di forze correttive segmentarie e artrodesi.

Pianificazione preoperatoria

La scelta dell'area di artrodesi e la strategia correttiva della deformità viene eseguita attraverso la classificazione di Lenke, che divide le scoliosi sul piano frontale in sei gruppi, associati a 3 sottogruppi in base alle caratteristiche della curva lombare e all'assetto sagittale⁴ (Fig. 7). Identificate le curve principali (in rosso) rispetto alle curve di compenso (in verde) si valutano i modificatori lombari per quantificare il rischio di sbilanciamento della colonna in seguito alla correzione: la linea verticale tracciata sul sacro permette di valutare quali vertebre cadano laterali ad essa (Fig. 8). Si valuta infine il piano sagittale con-

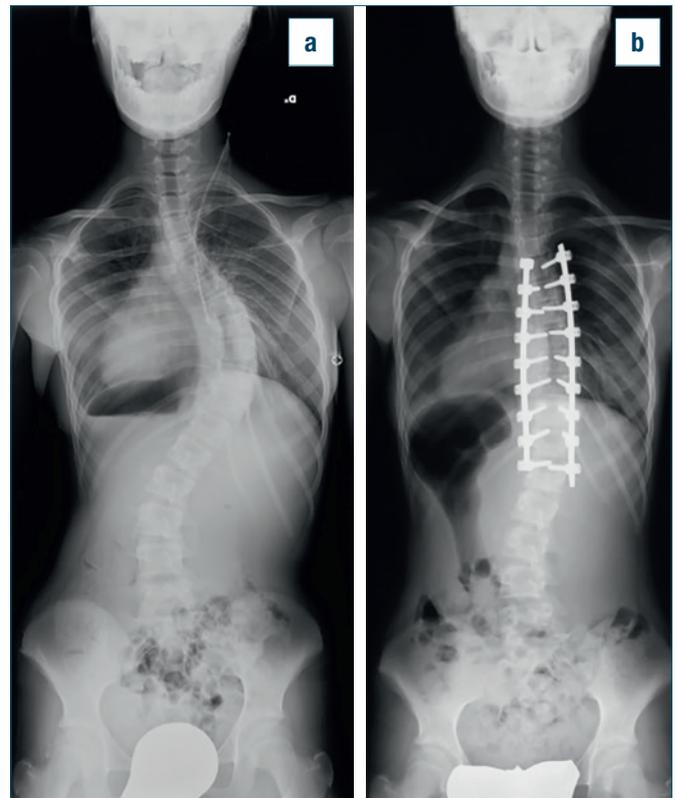


Figura 6. Scoliosi idiopatica toracica tipo Lenke 1A in paziente di 16 anni (a). L'artrodesi selettiva toracica ha determinato la correzione spontanea del rachide lombare che rimane completamente mobile (b).

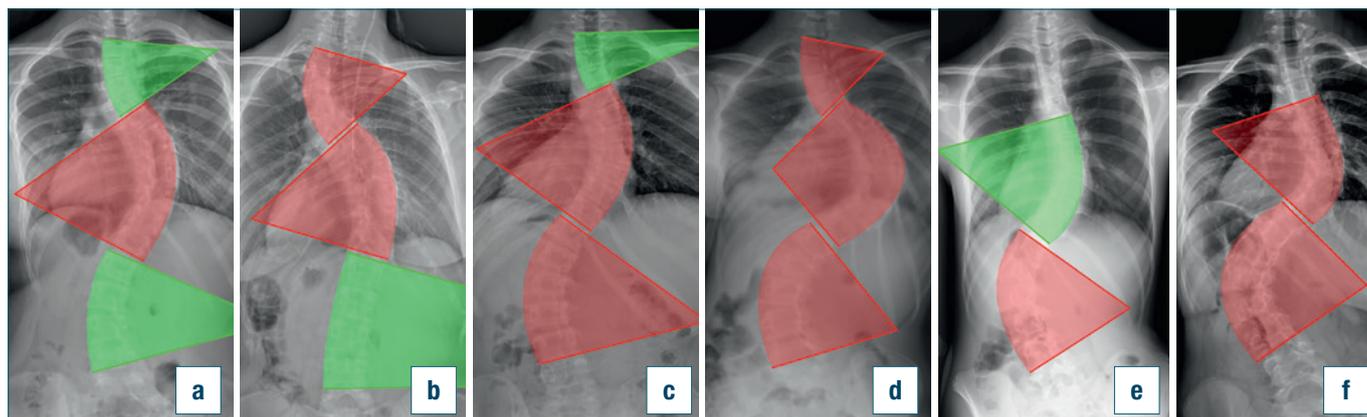


Figura 7. Classificazione di Lenke. La curva principale è evidenziata in rosso, mentre la curva di compenso in verde.
(a) Lenke 1 toracica; (b) Lenke 2 doppia toracica (MOE); (c) Lenke 3 doppia primaria; (d) Lenke 4 doppia toracica con compenso strutturato lombare (tripla curva); (e) Lenke 5 lombare o toracolumbare; (f) Lenke 6 lombare o toracolumbare con compenso strutturato toracico.

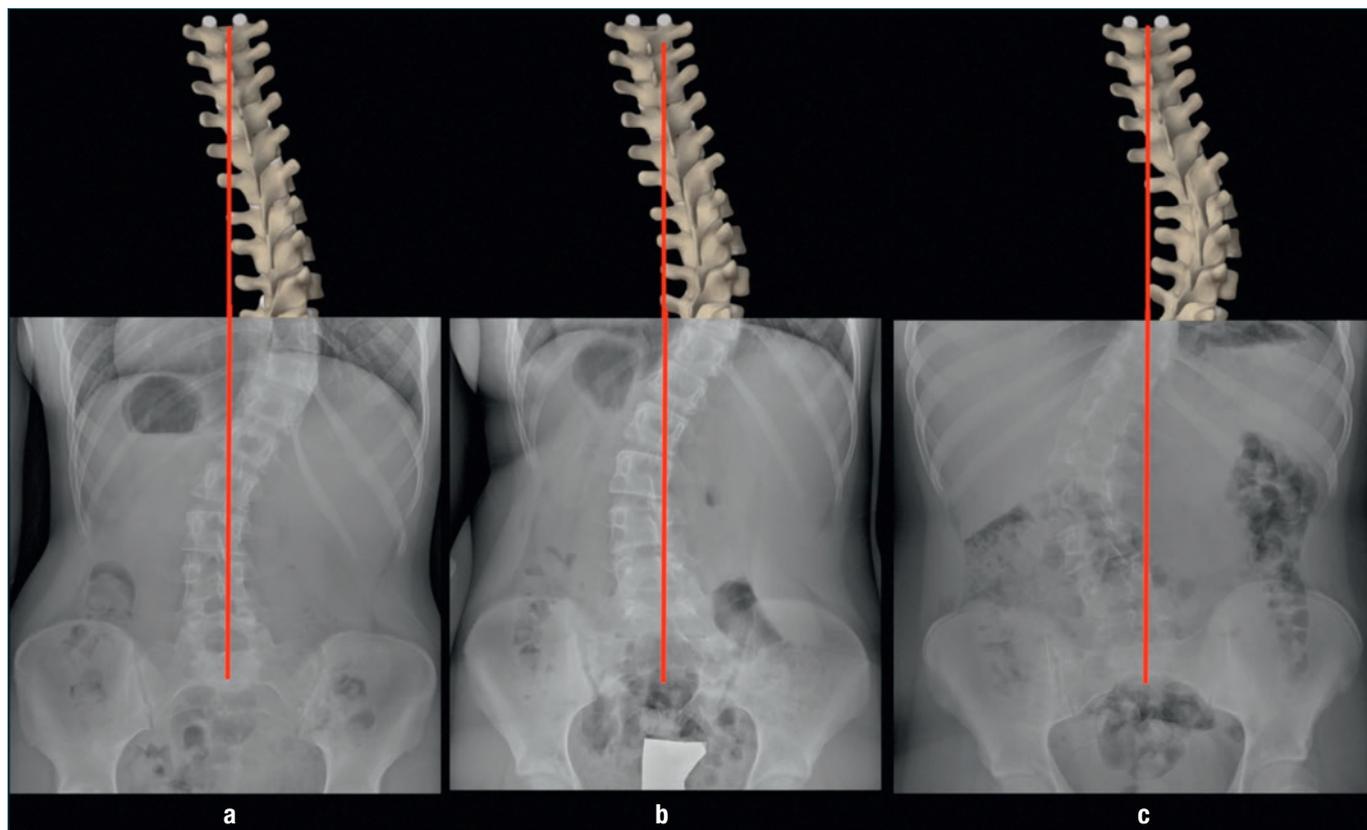


Figura 8. Classificazione dei modificatori lombari secondo Lenke in rapporto alla "Central Sacral Vertical Line" (CSVL): A, la CSVL cade tra le proiezioni dei due peduncoli; B, la CSVL è tangente ad una delle proiezioni dei due peduncoli; C, la CSVL cade lateralmente ad uno dei due peduncoli.

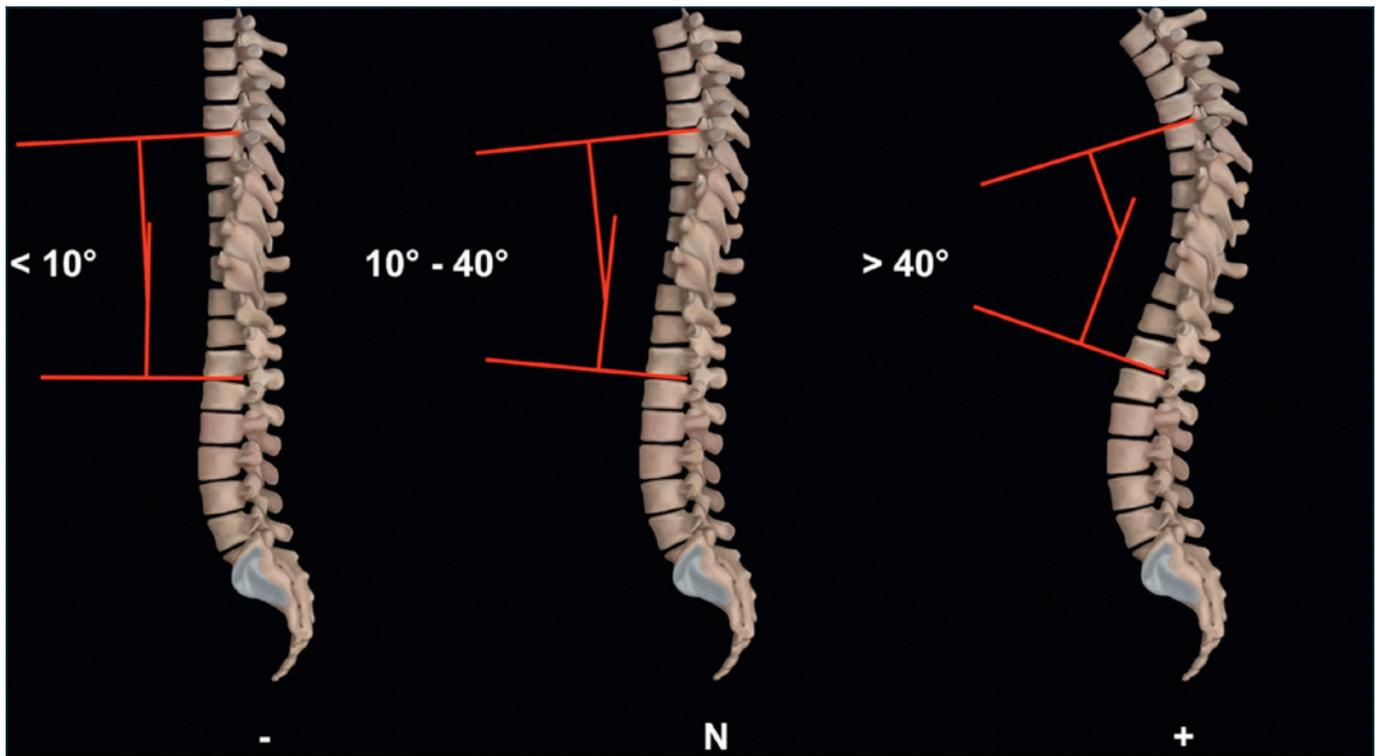


Figura 9. Classificazione dei modificatori toracici secondo Lenke: -, cifosi minore di 10°; N, cifosi compresa tra 10° e 40°; +, cifosi maggiore di 40°.

siderando separatamente le scoliosi con riduzione della cifosi toracica, quelle con un profilo sagittale inalterato e le cifoscoliosi (Fig. 9).

Monitoraggio intraoperatorio somatosensoriale

L'applicazione delle viti peduncolari e le manovre chirurgiche necessarie per la correzione della scoliosi sia nel giovane che nell'adulto sono inevitabilmente a rischio di lesioni neurologiche, per questo motivo sono necessari test di valutazione dell'integrità del neurasse. In passato il test del risveglio di Stagnara, permetteva una buona, seppur grossolana valutazione neurologica intraoperatoria¹⁰. Questo test tuttavia, è in grado di identificare solo deficit motori significativi e necessita di un'importante modifica dell'anestesia in corso. Inoltre, com'è comprensibile, è praticabile solo una volta durante l'intervento chirurgico e quindi non è in grado di ricondurre l'eventuale deficit a una specifica manovra chirurgica.

Ad oggi, il monitoraggio intraoperatorio mediante potenziali somatosensoriali e motori evocati, è considerato in chirurgia vertebrale uno standard di sicurezza per

minimizzare il rischio di danni neurologici iatrogeni. Esso prevede un continuo monitoraggio somatosensitivo e motorio in grado di identificare rapidamente eventuali deficit neurologici, anche lievi, conseguenti a una specifica manovra¹¹.

Avvitamento peduncolare ad alta densità

Per avvitamento peduncolare ad alta densità si intende a fissazione con viti di almeno il 60% dei peduncoli inclusi nell'area di artrosi¹². L'applicazione di viti peduncolari ad ogni livello permette di applicare una specifica forza correttiva ad ogni vertebra. Un ulteriore vantaggio di questa tecnica è di distribuire la forza correttiva della barra longitudinale su tutte le vertebre, riducendo il rischio di perdita di tenuta delle viti (rottture peduncolari, pull out) durante le manovre correttive. I peduncoli vengono identificati con tecnica anatomica, basandosi sulla posizione delle articolazioni interapofisarie, senza eseguire la flavectomia o l'apertura del canale in modo da mantenere bassa l'invasività della tecnica, contenere le perdite ematiche e ridurre il tempo operatorio. In ogni peduncolo

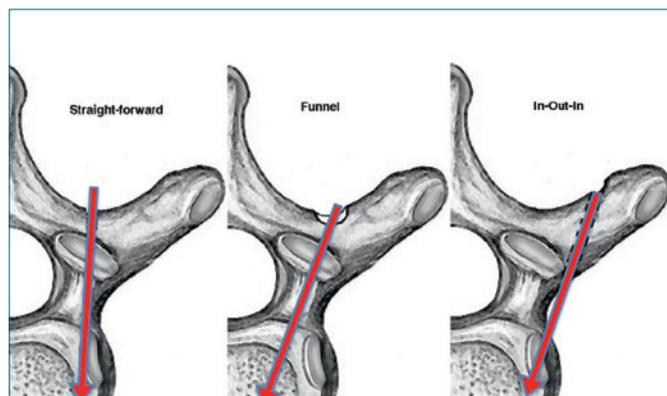


Figura 10. La vite peduncolare può raggiungere il corpo vertebrale attraverso il peduncolo con una traiettoria retta (*straight forward*), convergente (*funnel*) oppure laterale al peduncolo (*in-out-in*).

si esegue un foro di piccolo diametro; una volta saggiata l'integrità delle pareti con un palpatore si filetta il foro nel peduncolo fino al corpo vertebrale, si inserisce quindi la vite. L'applicazione delle viti peduncolari può avvenire con tecnica *straight forward*, *funnel* oppure *in-out-in* (Fig. 10); l'importante è cercare di utilizzare sempre la stessa tecnica di applicazione su viti vicine per mantenere allineate le teste delle viti (Fig. 11) ¹³. Una rigorosa tecnica di applicazione delle viti peduncolari permette di utilizzare esclusivamente viti monoassiali o uniplanari con lo scopo di poter applicare alle viti anche forze correttive rotatorie (Fig. 12).

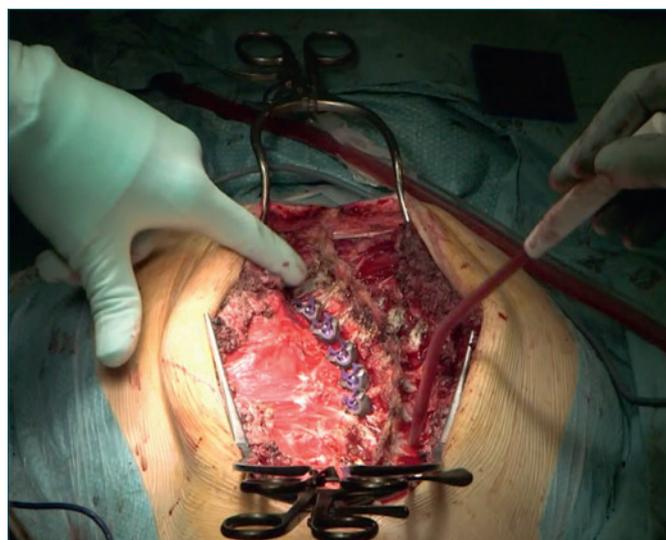


Figura 11. Le viti peduncolari monoassiali devono essere applicate tutte con la medesima tecnica per rendere possibile la connessione di tutte le teste con la barra. Si deve creare un'“onda”.

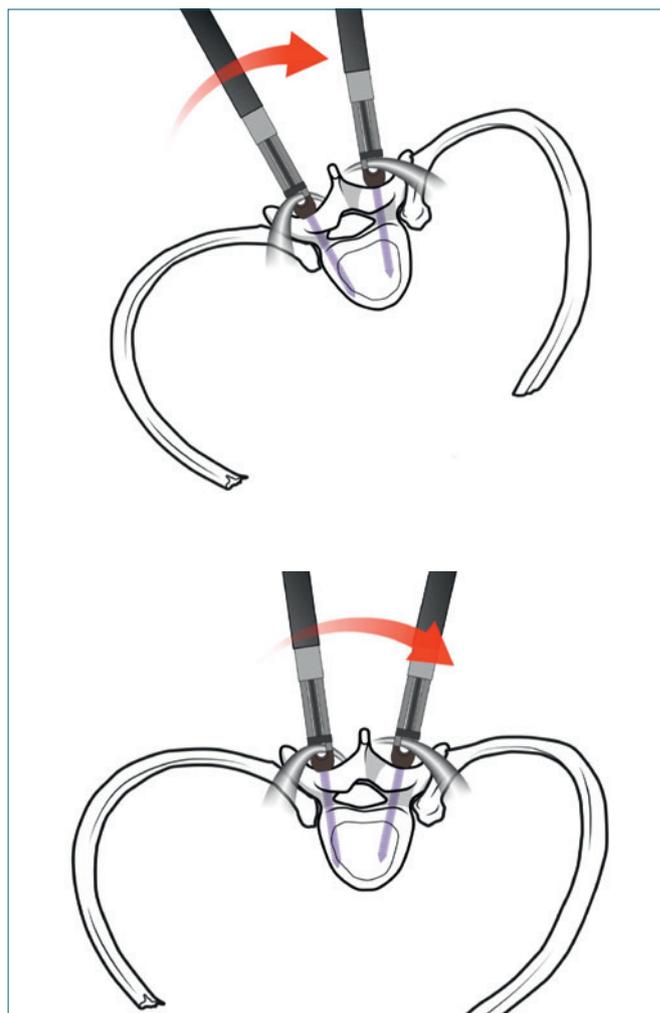


Figura 12. Derotazione diretta. L'utilizzo di viti monoassiali o uniplanari permette l'applicazione delle forze rotazionali al corpo vertebrale mediante estensori applicati alle estremità delle viti, con una fortissima azione correttiva sul gibbo.

Derotazione vertebrale diretta

La derotazione vertebrale diretta si ottiene sia modellando le barre in modo asimmetrico, sia agendo direttamente sulle vertebre ¹⁴. Entrambe le barre vengono modellate sulle fisiologiche curve sagittali della colonna cercando di ricostituire la cifosi toracica, il passaggio toraco-lombare, e nelle curve doppie anche la lordosi lombare. La barra in concavità viene ipercorretta mentre la barra in convessità viene ipocorretta: questo modellamento asimmetrico permette, una volta applicate le barre sulla colonna di avere sul piano sagittale la barra in concavità più alta della barra in convessità. L'avvicinamento graduale mediante sistemi di richiamo delle vertebre alle barre modellate in modo



Figura 13. Le barre vengono modellate in modo asimmetrico per promuovere la derotazione diretta delle vertebre: la barra in concavità viene curvata maggiormente della barra in convessità. In questo modo la barra in concavità sul piano coronale rimane più elevata della barra in convessità (a). L'avvicinamento della vertebra alle barre determina la derotazione (b).

asimmetrico produce la derotazione diretta della vertebra (Fig. 13). Questo processo di derotazione viene completato agendo anche direttamente sulle vertebre mediante l'utilizzo di connettori tubulari delle viti peduncolari che possono essere connessi tra loro mediante un castelletto. Quando tutti i connettori sono allineati si bloccano le barre e la derotazione diretta è completa ¹⁵.

Applicazione di forze correttive segmentarie

L'atto finale della correzione prevede di poter applicare forze distrattive nella concavità della curva e compressive in convessità tra le singole vertebre, ed è possibile utiliz-

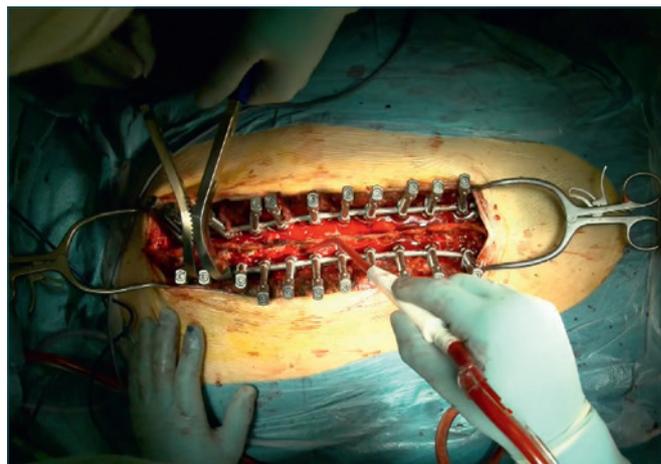


Figura 14. Foto intraoperatoria mostra il modellamento "in situ" delle barre per correggere ulteriormente la deformità residua finale.

zando i "rod benders" modellare ulteriormente la barra per completare la correzione (Fig. 14).

Artrodesi

Vengono cruentate le lamine e le apofisi articolari di tutti i livelli strumentati e viene applicato un abbondante trapianto osseo cortico-spongioso (Figg. 15, 16).

Trattamento chirurgico della scoliosi dell'adulto

Nel trattamento chirurgico delle scoliosi dell'adulto, che sono l'esito di scoliosi adolescenziali aggravate nel tempo, si utilizzano gli stessi principi di trattamento delle scoliosi dell'adolescenza tenendo presenti alcune fondamentali differenze: l'area di artrodesi è in genere più ampia in quanto le curve di compenso perdono elasticità e vanno incontro a fenomeni di strutturazione. La correzione sul piano frontale è in genere meno ampia rispetto alla correzione delle curve nell'adolescenza, puntando soprattutto ad ottenere una colonna ben bilanciata da curve opposte. La correzione del piano sagittale invece è cruciale, in quanto la presenza di un eventuale sbilanciamento anteriore della colonna, legato all'aumento della fisiologica cifosi toracica non accompagnato da un consensuale aumento della lordosi lombare deve essere corretto con precisione durante l'intervento (Fig. 17).

Nelle scoliosi degenerative, la curva scoliotica anche se di entità lieve con scarsa componente rotatoria può creare una disabling sintomatologia clinica in quanto l'apice

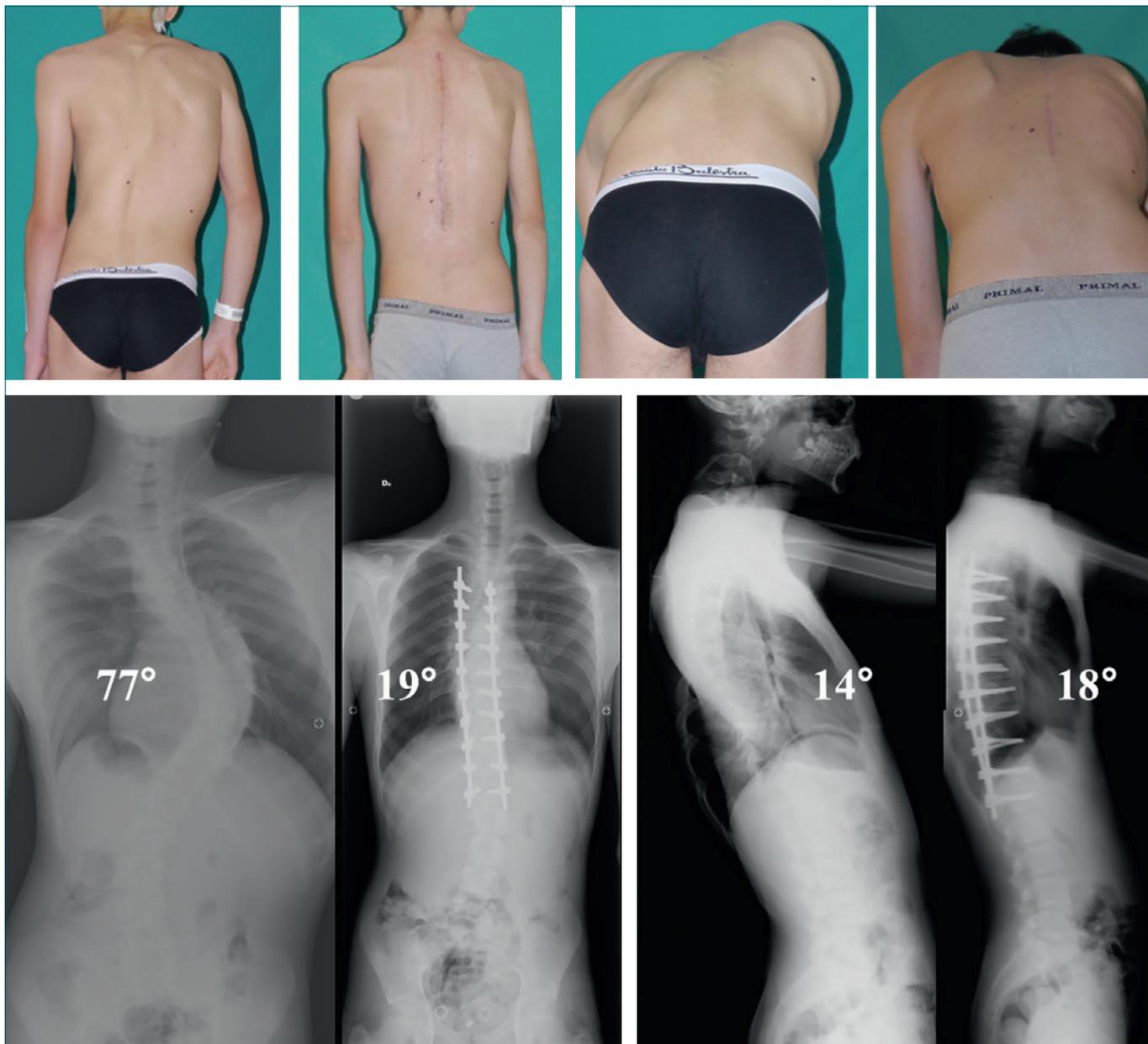


Figura 15. Paziente di 17 anni affetto da scoliosi idiopatica adolescenziale di tipo Lenke 1. La derotazione diretta ha permesso la correzione del gibbo senza ricorrere alla gibbotomia. L'artrodesi selettiva ha permesso di lasciare libera la colonna lombare.

della deformità, spesso a livello discale produce stenosi multilivello del canale vertebrale e del canale di coniugazione provocando radicolopatie spinali insensibili al trattamento conservativo. Queste deformità devono essere trattate con una strategia chirurgica mista, derivata in parte dal trattamento chirurgico della scoliosi ed in parte dal trattamento chirurgico della stenosi vertebrale. La corre-

zione della deformità angolare (sia sul piano frontale che sul piano sagittale) si ottiene applicando cages intersomatiche negli spazi discali collassati e ponendo la colonna anteriore in compressione. La corretta ricostruzione del profilo sagittale della colonna permette di ridurre al minimo il rischio di patologie giunzionali che richiedano estensioni dell'artrodesi sia in senso prossimale che distale.

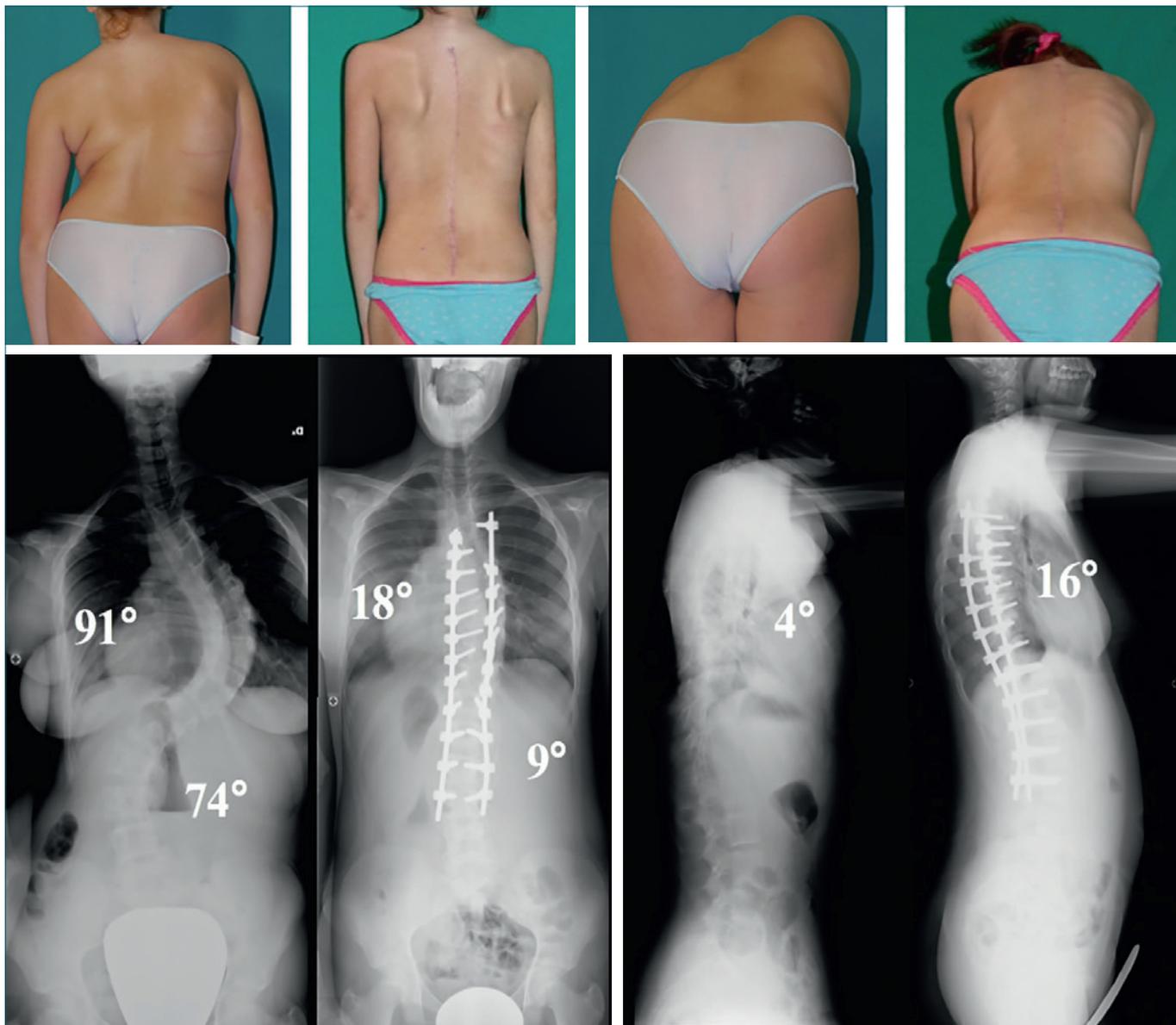


Figura 16. Paziente di 16 anni affetta da scoliosi idiopatica adolescenziale di tipo Lenke 3. L'avvitamento ad alta densità ha permesso una notevole correzione della curva distribuendo la forza correttiva su tutte le vertebre. La derotazione diretta ottenuta con il modellamento asimmetrico delle barre ha consentito un'ottima riduzione del gibbo, senza ricorrere alla gibbotomia, e una buona correzione sul piano sagittale.

Conclusioni

In conclusione, gli attuali orientamenti chirurgici per la correzione della scoliosi permettono rispetto al passato di trattare in modo più efficace le scoliosi adolescenziali, le scoliosi dell'adulto e le scoliosi degenerative mediante nuovi strumenti di correzione quali l'avvitamento ad alta densità, la derotazione diretta e la correzione segmentaria

associati al monitoraggio intraoperatorio somatosensoriale hanno permesso di ridurre l'invasività globale dell'intervento in termini di area di artrodesi e sicurezza del paziente. Un'accurata pianificazione preoperatoria è comunque indispensabile per ottenere una correzione adeguata della curva non solo sul piano frontale ma anche sul piano sagittale, presupposto fondamentale per un risultato duraturo nel tempo.

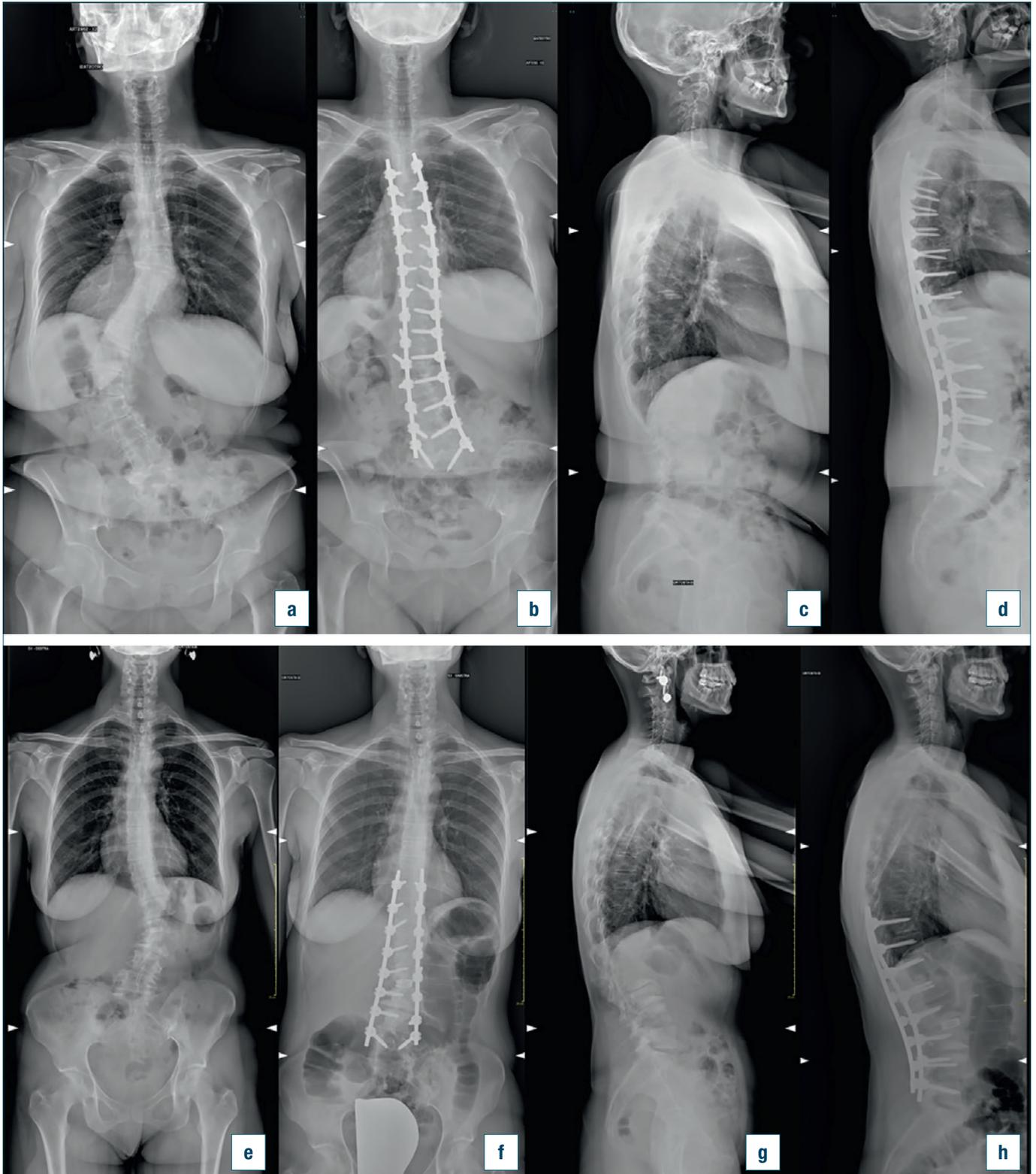


Figura 17. Scoliosi Lenke 5 dell'adulto con perdita della lordosi lombare (a-c) trattata mediante artrodesi T4-L5 che ha permesso una buona correzione frontale (b) e sagittale (d). Scoliosi Lenke 5 (e) con profilo sagittale conservato (g). La correzione è stata ottenuta con un'artrodesi selettiva T10-L5 che ha restituito un buon profilo sagittale.

Bibliografia

- ¹ Cobb JR. *Outline for the study of scoliosis*. Instr Course Lect 1947;5:261-75.
- ² Marchetti PG, Faldini A. *End fusions in the treatment of some progressing or severe scoliosis in childhood or early adolescence*. Orthop Trans 1978;2:271.
- ³ Aebi M. *The adult scoliosis*. Eur Spine J 2005;14:925-48.
- ⁴ Lenke LG, Betz RR, Harms J, et al. *Adolescent idiopathic scoliosis*. J Bone Joint Surg Am 2001;83:1169-81.
- ⁵ Faldini C, Di Martino A, De Fine M, et al. *Current classification systems for adult degenerative scoliosis*. Musculoskelet Surg 2013;97:1-8.
- ⁶ Gregg T, Lolli F, Maredi E, et al. *Surgical treatment for scoliosis associated with rare disease*. Stud Health Technol Inform 2012;176:326-9.
- ⁷ Faldini C, Pagkrati S, Grandi G, et al. *Degenerative lumbar scoliosis: features and surgical treatment*. J Orthop Traumatol 2006;7:67-71.
- ⁸ Faldini C. *Le Scoliosi degenerative*. Bologna: Timeo Editore 2009.
- ⁹ Faldini C, Di Martino A, Borghi R, et al. *Long vs. short fusions for adult lumbar degenerative scoliosis: does balance matters?* Eur Spine J 2005;24:887-92.
- ¹⁰ Dawson EG, Sherman JE, Kanim LEA, et al. *Spinal cord monitoring: results of the scoliosis research society and the european spinal deformity society survey*. Spine 1991;16:S365.
- ¹¹ Pajewski TN, Arlet V, Phillips LH. *Current approach on spinal cord monitoring: the point of view of the neurologist, the anesthesiologist and the spine surgeon*. Eur Spine J 2007;16:115-29.
- ¹² Shen M, Jiang H, Luo M, et al. *Comparison of low density and high density pedicle screw instrumentation in Lenke 1 adolescent idiopathic scoliosis*. BMC Musculoskelet Disord 2017;18:336.
- ¹³ Perna F, Borghi R, Pilla F, et al. *Pedicle screw insertion techniques: an update and review of the literature*. Musculoskelet Surg 2016;100:165-9.
- ¹⁴ Di Silvestre M, Lolli F, Bakaloudis G, et al. *Apical vertebral derotation in the posterior treatment of adolescent idiopathic scoliosis: myth or reality?* Eur Spine J 2013;22:313-23.
- ¹⁵ Faldini C, Perna F, Chehrassan M, et al. *Simultaneous double rod and en-bloc direct vertebral rotation technique for correction of main thoracic adolescent idiopathic scoliosis: retrospective analysis of 14 cases*. J Biol Regul Homeost Agents 2016;30:181-6.

L'Autore dichiara di non avere alcun conflitto di interesse con l'argomento trattato nell'articolo.