

## Il trattamento chirurgico delle fratture vertebrali toraciche e lombari senza danno neurologico

### *Surgical treatment of thoracic and lumbar injuries without neurological damage*

**M. Palmisani**  
**L. Boriani**  
**L. Amendola**  
**S. Boriani**

#### RIASSUNTO

In questi ultimi anni il trattamento dei traumi vertebrali ha subito un radicale cambiamento. Lo scopo del lavoro è rivalutare criticamente le indicazioni, le tecniche chirurgiche impiegate ed i risultati ottenuti nel trattamento chirurgico dei traumi vertebrali toracici e lombari senza danno neurologico. Dal gennaio 1997 al gennaio 2007 sono stati trattati chirurgicamente 224 pazienti, con 267 fratture, con accesso posteriore, 35 con tecnica per cutanea mininvasiva, associando in 18 un approccio anteriore. Al controllo a distanza minima di 6 mesi è stata raggiunta in tutti i casi la consolidazione della frattura e nei casi in cui era stata eseguita, la fusione dell'artrosi. Nessun peggioramento del quadro neurologico. Tra le complicazioni: un sanguinamento eccessivo in 5 casi e in un caso si è verificato un arresto cardiaco intra-operatorio senza conseguenze per il paziente. 3 casi di broncopneumonia, 6 infezioni guarite con intervento di pulizia chirurgica, 1 decesso. 2 cedimenti della strumentazione. In conclusione nei traumi vertebrali toracici e lombari senza danno neurologico, il trattamento chirurgico consente di raggiungere la consolidazione della frattura, consentendo il recupero un funzionale più rapido, con un'incidenza minima di complicazioni.

*Parole chiave: fratture vertebrali, rachide toracico e lombare, senza danno neurologico, trattamento chirurgico*

#### SUMMARY

Treatment of spine trauma has dramatically changed during last years. Critical evaluation of the present indications, surgical techniques and results obtained in the treatment of lumbar and thoracic spine trauma with no neurologic lesion is the aim of the study. Between 1997 and 2007, 224 patients and 267 lesions were surgically treated with posterior approach at our institution. Mininvasive percutaneous technique was applied in 35 cases. Anterior approach was associated in 18 out of 224 cases. Fracture healing and fusion (in those patients who received arthrodesis) was obtained in all of the patients after 6 months follow-up. No impairment of the neurological status happened. Complications were excessive bleeding in 5 cases, one intraoperative heart attack with no sequelae, lung infection in 3 patients, wound infection that required surgical intervention in 6 cases, mechanical failure in 2 cases and 1 death. In conclusion, when dealing with thoracic and lumbar spine trauma with no neurologic

Unità Operativa di Ortopedia  
 e Traumatologia, Chirurgia  
 Vertebrale, Ospedale Maggiore  
 "C.A. Pizzardi", AUSL Bologna

*Indirizzo per la corrispondenza:*  
**Matteo Palmisani**  
 largo Nigrisoli 2  
 40133 Bologna, Italy  
 Tel. +39 051 6478286  
 E-mail:  
 matteo.palmisani@ausl.bo.it

*Ricevuto il 6 marzo 2008*  
*Accettato il 1 aprile 2008*

lesion, surgery brings fracture to heal with low rate of complications and with faster functional recovery.

*Key words: thoracic and lumbar spine, trauma, surgical treatment*

In questi ultimi anni l'evoluzione delle tecniche diagnostiche ha permesso di definire, in modo più approfondito, le caratteristiche anatomopatologiche delle lesioni traumatiche vertebrali evitando che lesioni un tempo giudicate stabili, al controllo a distanza, si rivelassero responsabili della comparsa di gravi deformità, dolore e danno neurologico<sup>1,2</sup>. Inoltre lo sviluppo di moderne metodiche di osteosintesi, sempre più affidabili e meno invasive, associate a tecniche anestesologiche sicure, hanno permesso di modificare radicalmente il pensiero che è stato predominante negli anni passati e di porre sempre più spesso l'indicazione al trattamento chirurgico. Infatti se da un lato i principi formulati da Putti<sup>3</sup> e da Bohler<sup>4</sup>, oltre 50 anni fa, conservano ancora oggi la loro validità per il trattamento incruento, è sempre maggiore il numero di casi in cui appare una opzione ragionevole ed efficace l'indicazione chirurgica.

### INDICAZIONI AL TRATTAMENTO CHIRURGICO

In assenza di un danno neurologico, la maggior parte delle lesioni traumatiche del segmento toracico e lombare della colonna vertebrale può giovare, con un buoni risultati, di un trattamento conservativo<sup>5-8</sup>. Una indicazione chirurgica viene correttamente posta nelle fratture instabili, che determinano una stenosi del canale vertebrale maggiore del 50%, con cifosi superiore ai 30° a livello del rachide toracico (T1-T10) e 25° nella giunzione toracolombare (T11-T12-L1) e nel segmento lombare (L2-L5)<sup>9,10</sup>. Vi possono essere delle condizioni particolari in cui può risultare utile il trattamento chirurgico in fratture stabili: nei politraumatizzati, in presenza di malattie che controindicano periodi prolungati di immobilizzazione, oppure nei casi, non infrequenti, di pazienti che per motivi professionali o per evitare l'inattività rifiutano il trattamento conservativo<sup>11,12</sup>. Lo studio preoperatorio deve essere accurato e deve comprendere un esame clinico-neurologico approfondito per escludere interessamento neurologico. Particolare attenzione si deve porre nelle fratture al disotto di L1 nelle quali spes-

so ci si trova di fronte a danno sfinterico in assenza di danno motorio. Oltre ad un esame radiografico del torace ed una ecografia dell'addome, si devono eseguire le due proiezioni radiografiche standard di tutto il rachide, la tac mirata sulla lesione con ricostruzioni multiplanari. In questi ultimi anni, in particolare nel politraumatizzato, viene eseguita una TAC "spirale multibanco" *total-body* per evitare spostamenti del paziente. La RMN va riservata alle lesioni in cui si sospetta una instabilità capsulolegamentosa spesso con minimo o nessuno spostamento. Il riconoscimento di tali lesioni è spesso difficile ma necessario poiché, se erroneamente definite stabili o addirittura misconosciute, evolvere in deformità tardive con dolore e possibile danno neurologico<sup>13</sup>.

### MATERIALE E METODO

Presso la Unità Operativa di Ortopedia e Traumatologia dell'Ospedale Maggiore di Bologna dal gennaio 1997 al gennaio 2007 sono stati trattati chirurgicamente 431 pazienti affetti da fratture e fratture-lussazioni del tratto toracico e lombare, 224 si presentavano senza danno neurologico. Si tratta di 151 maschi e 73 femmine con età media di 38 anni (17-79). La causa più frequente del trauma era l'incidente stradale poi le cadute dall'alto (accidentali e per tentato suicidio). 57 pazienti politraumatizzati presentavano un indice ISS compreso fra 13 e 34. In 46 casi era interessato il tratto toracico del rachide (T1-T10), in 115 casi il passaggio toraco-lombare (T11-L1) mentre in 58 casi la lesione era localizzata a livello lombare (L2-L5). Alle fratture principali erano associate 43 fratture: 4 cervicali (3 C2 e 1 C4), 11 toraciche, 14 del passaggio toraco-lombare e 14 lombari. La vertebra più interessata è la L1 (73 casi). Secondo la classificazione proposta da Magerl et al.<sup>14</sup> nel 1994 si tratta di 166 casi del tipo A (10 tipo A1, 21 tipo A2 e 135 tipo A3), 36 casi del tipo B (14 tipo B1, 19 tipo B2 e 3 tipo B3) mentre in 22 casi si tratta di lesioni del tipo C (19 tipo C1, 2 tipo C2 e 1 tipo C3). Abbiamo eseguito un intervento per via posteriore in 201 pazienti, impiegando nei primi anni fino al 1999 viti peduncolari nel tratto lombare e toracico fino a T10 e fissazione con uncini nei restanti segmenti toracici, successivamente sono state impiegate viti peduncolari a tutti i livelli. In 35 pazienti affetti da 42 fratture è stata impiegata una osteosintesi percutanea mininvasiva. In presenza di una stenosi del canale vertebrale lombare superiore al 50%, con associata frattura della lamina e

dei peduncoli, è stata eseguita l'esplorazione delle strutture nervose attraverso una laminectomia o una flavectomia ed in caso di presenza di lacerazione delle strutture nervose si è eseguita, dopo aver liberato e riposizionato le fibre radicolari, la riparazione attraverso una sutura diretta del sacco durale o con l'impiego di *patch* muscolare o di materiale sintetico (Duraform Codman). In 6 casi alla decompressione per via posterolaterale<sup>15 16</sup> è stata associata un'artrosi intersomatica secondo Akbarnia<sup>17</sup> (Fig. 1). Tutti i pazienti, a distanza di 4-8 settimane, sono stati sottoposti ad un esame TAC e in 18 abbiamo eseguito un secondo tempo di artrosi per via anteriore (Fig. 2). I pazienti politraumatizzati e quelli sottoposti ad intervento per via anteriore sono stati ricoverati, nei giorni immediatamente successivi all'intervento, in reparto di terapia post-intensiva o rianimazione. In nessun caso è stato applicato un apparecchio gessato ma solo un busto ortopedico per un periodo di 2 mesi.

## RISULTATI

Al controllo a distanza minima di 6 mesi è stata raggiunta in tutti i casi la consolidazione della frattura e nei casi in cui era stata eseguita, la fusione dell'artrosi. 16 pazienti lamentavano dolore (VAS medio 5), in 10 casi riferito in sede di frattura, in 6 nei segmenti adiacenti. Complicazioni intra-operatorie: un sanguinamento eccessivo in 5 casi con formazione di un ematoma postoperatorio. In un caso registriamo un peggioramento del quadro neurologico, poi recuperato completamente dopo revisione chirurgica eseguita in urgenza. In un caso si è verificato un arresto cardiaco intra-operatorio senza conseguenze per il paziente. Complicazioni post-operatorie: 3 casi di broncopneumite, in un caso esitata in insufficienza respiratoria risoltasi dopo terapia antibiotica. 6 infezioni guarite con intervento di pulizia chirurgica. In un caso è stata necessaria la rimozione dello strumentario e proseguimento con busti gessati e guarigione finale della frattura senza deformità o dolore. Tra le

complicazioni meccaniche, 2 cedimenti della strumentazione. È stata eseguita una revisione posteriore (Fig. 3) in un caso e un'artrosi posteriore ed anteriore nel secondo che hanno permesso di raggiungere la consolidazione delle fratture. Nei pazienti trattati con accesso anteriore si è verificato un caso di paresi dei muscoli laterali dell'addome con recupero parziale. Sopravvenute complicazioni cardiopolmonari hanno provocato il decesso a distanza di 30 gg dall'intervento in una paziente politraumatizzata per autoprecipitazione.

## DISCUSSIONE

La maggior parte delle fratture vertebrali toracolombari possono giovare, con ottimi risultati, di un trattamento incruento. In assenza di un danno neurologico i tempi di programmazione dell'intervento chirurgico sono dettati essenzialmente dal quadro anatomopatologico della lesione, dalle condizioni generali del paziente e dalla disponibilità di professionalità e mezzi che consentano una chirurgia così impegnativa in tempi rapidi. Un intervento chirurgico precoce può essere indicato nelle lesioni altamente instabili, nelle quali ci si trova di fronte alla minaccia di uno spostamento immediato e incontrollabile, che può determinare la comparsa di un danno neurologico. Negli altri casi i tempi della chirurgia non sono stati ancora chiaramente determinati. Alcuni Autori<sup>18 19</sup> consi-

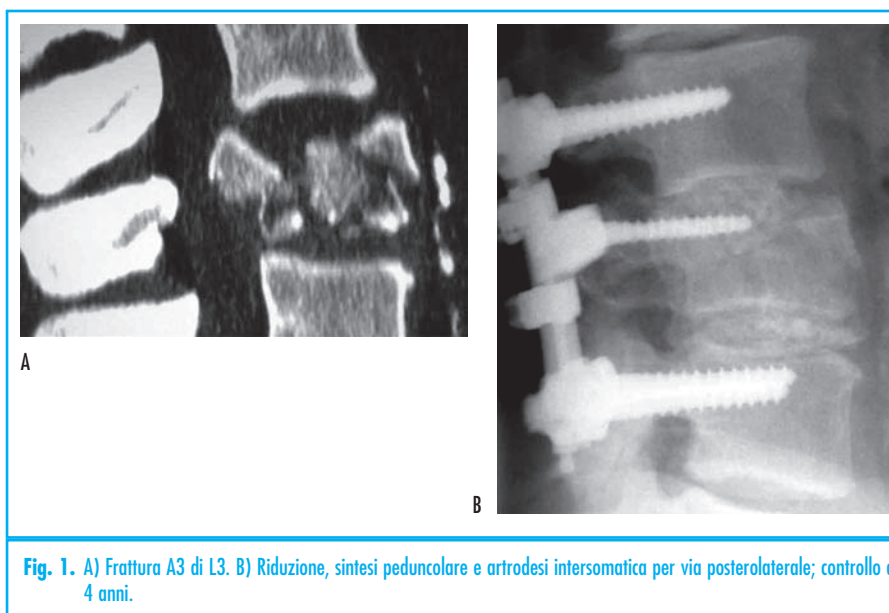


Fig. 1. A) Frattura A3 di L3. B) Riduzione, sintesi peduncolare e artrosi intersomatica per via posterolaterale; controllo a 4 anni.

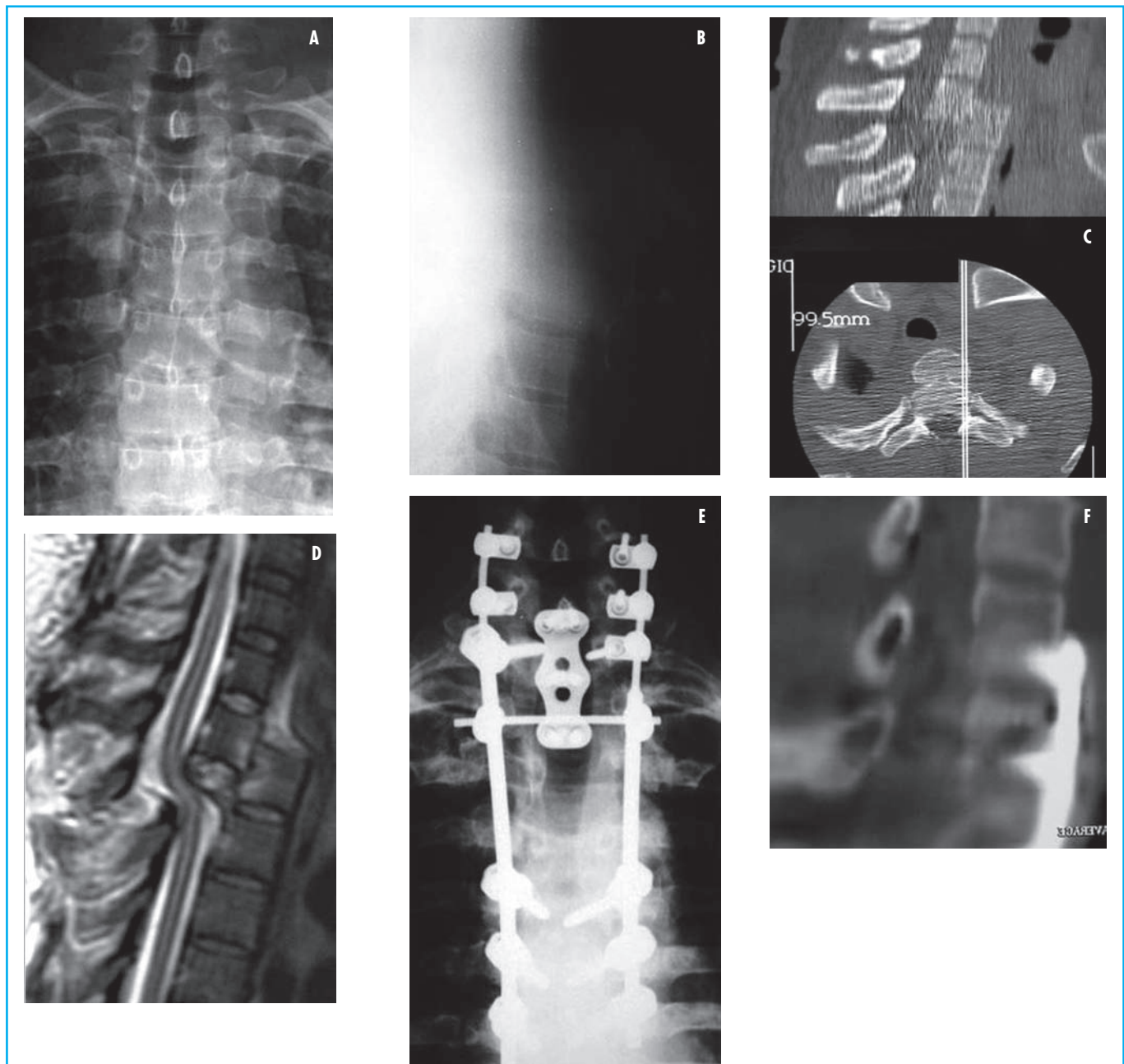


Fig. 2. A) Paz. di 29 a. Incidente stradale. Dolore al rachide dorsale alto senza deficit neurologici periferici. Ad un attento esame della proiezione AP del rachide dorsale si evidenzia una sospetta eccessiva vicinanza dei peduncoli di T2-T3. B) Impossibile la valutazione in proiezione laterale di questo segmento del rachide per la sovrapposizione delle spalle. C) L'indagine TC evidenzia lussazione posteriore di T2 su T3. D) Alla RMN la corda midollare appare notevolmente angolata. E) I° tempo: ampia lamenectomia e riduzione graduale della lussazione e sintesi con viti C6-T7. II° tempo: artrosi anteriore con placca. Nessun danno neurologico. F) La TAC evidenzia la completa riduzione della lesione.

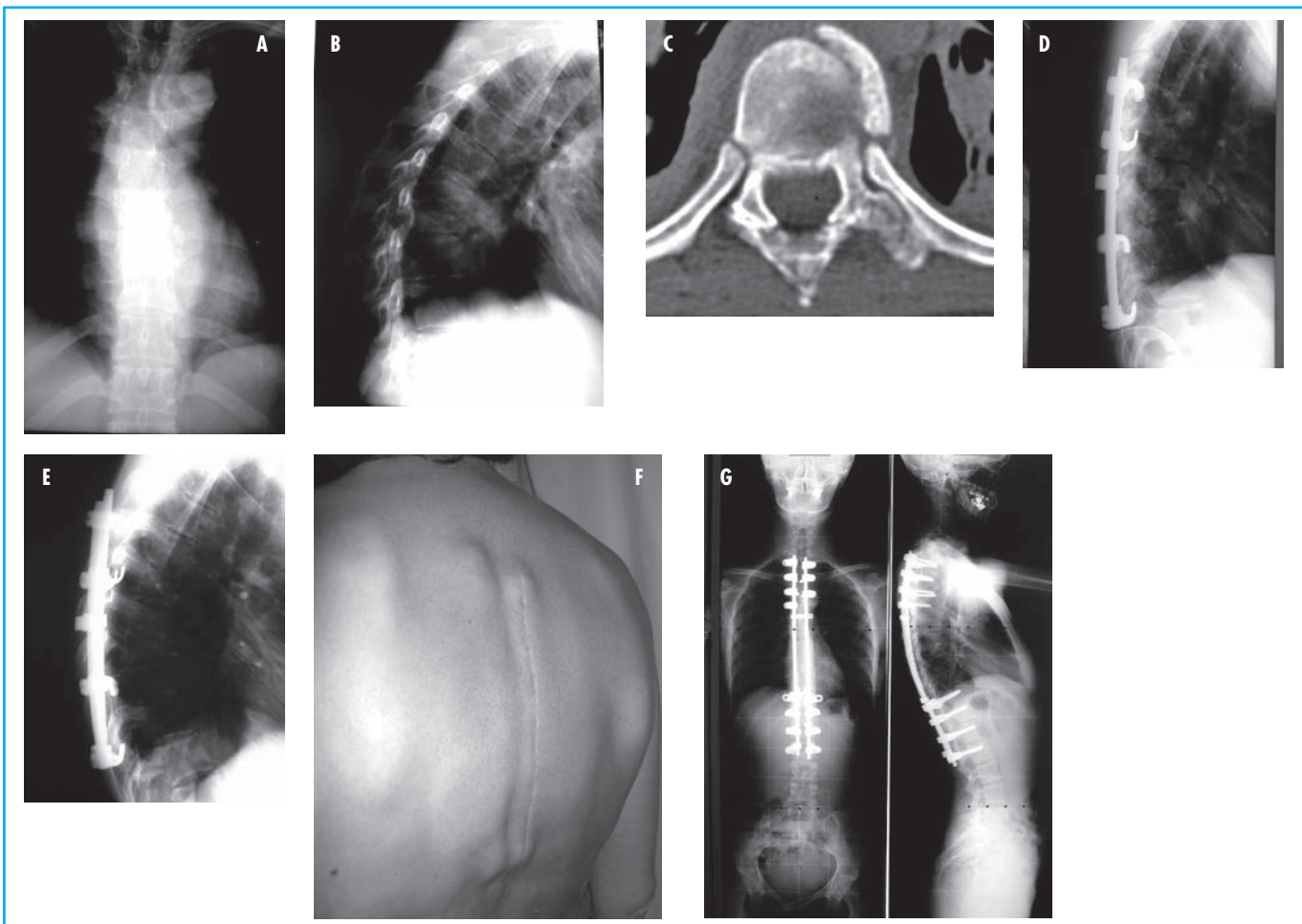


Fig. 3. A-B) Paz. di 34 a. Frattura di T7-T8 tipo C2. C) La TAC della lesione. D) Osteosintesi con uncini; controllo post-operatorio. E) A distanza di 6 anni, cedimento della strumentazione, deformità in cifosi, dolore. F) Procidenza sotto cutanea dei mezzi di sintesi. G) Rimozione dei mezzi di sintesi, riparazione della pseudoartrosi, correzione della deformità; controllo a 3 anni.

gliano un intervallo di tempo tra trauma e intervento chirurgico di 48-72 ore, asserendo che in questo periodo si consente, attraverso una adeguata terapia, la riduzione dell'edema midollare e quindi si riduce la possibilità di un danno neurologico iatrogeno, inoltre, trascorso questo periodo, l'ematoma di frattura inizia il processo di organizzazione per cui si riducono le perdite ematiche intraoperatorie, senza che questo tempo di attesa determini un

aumento delle difficoltà di riduzione della frattura. La maggior parte delle fratture e fratture lussazioni vertebrali recenti, del tratto toracico e lombare, possono essere adeguatamente trattate con un approccio chirurgico posteriore<sup>5 9-13 15-17 19-21</sup>. Una via di accesso posteriore consente di ottenere: una riduzione della lesione, la decompressione delle strutture nervose, una stabilizzazione ottimale della frattura con abolizione della immobilizzazione post-

operatoria e precoce mobilizzazione del paziente. Nei casi di fratture da scoppio del corpo vertebrale, con dislocazione di frammenti ossei nel canale, spesso ad una soddisfacente riduzione della frattura non corrisponde una adeguata decompressione delle strutture nervose. In alcuni casi, non in urgenza, una via posterolaterale allargata consente di ottenere una buona liberazione delle strutture nervose<sup>15 16</sup> e consente eseguendo la discectomia di eseguire un'artrodesi intersomatica<sup>17</sup> riducendo in questo modo la possibilità di un cedimento in cifosi o il ricorso alla chirurgia anteriore. Per quanto riguarda il tipo di osteosintesi da impiegare noi consigliamo l'uso di viti peduncolari a tutti i livelli<sup>9 10 20</sup> in questo modo si ottengono costrutti più stabili che consentono la mobilizzazione precoce del malato ed una riduzione dei segmenti da includere nella strumentazione. Pur tuttavia mentre a livello lombare e al passaggio toraco-lombare è ormai unanimemente accettato l'utilizzo di viti peduncolari, è ancora diffuso il pensiero che a livello del rachide toracico alto le dimensioni dei peduncoli non consentano l'impiego di una fissazione peduncolare stabile e sicura<sup>22 23</sup>. Particolare attenzione bisogna avere al modellamento delle barre lungo le curve fisiologiche del rachide per evitare l'inconveniente di un loro appianamento, responsabile di dolore e di cedimenti meccanici. Anche per questo motivo a livello toracico eseguiamo una strumentazione che comprenda in genere 2 o 3 livelli sopra e sottostanti la lesione, non avendo la necessità in questa sede di limitare al minimo l'estensione della strumentazione, per poter seguire meglio la cifosi ed aver un braccio di leva tale da poter consentire, in modo più agevole, la riduzione della frattura, diminuendo lo stress meccanico sulla strumentazione. Al contrario al passaggio toraco-lombare, e in particolare a livello lombare, preferiamo eseguire strumentazioni corte limitandone l'estensione ai due segmenti di moto interessati dal trauma. Inoltre aggiungendo un vite accessoria, quando possibile, nella vertebra fratturata, si aumenta la stabilità del montaggio avendo maggiori garanzie di consolidazione della frattura e la ricostruzione del corpo vertebrale fratturato. Nelle fratture tipo A3, con grave invasione di frammenti ossei nel canale e frattura della lamina, consigliamo l'esplorazione delle strutture nervose attraverso una piccola laminectomia che non determina alcuna perdita di stabilità ma consente di poter effettuare la riduzione della frattura in relativa tranquillità e l'eventuale riparazione delle strutture nervose<sup>21</sup>. Nelle fratture tipo A3, quando eseguiamo una laminectomia, in quelle tipo B e tipo C di Magerl

associamo l'artrodesi di tutta l'area strumentata. L'artrodesi rappresenta un buon investimento sul futuro della stabilità meccanica della strumentazione mettendoci al riparo da possibili cedimenti meccanici. In presenza di fratture stabili, in pazienti con predisposizione alla TVP, broncopneumopatie, politraumatizzati, in cui un periodo di immobilizzazione a letto e di apparecchio gessato è controindicato o mal sopportato, l'impiego di una osteosintesi peduncolare mininvasiva consente un carico immediato e la consolidazione della frattura in atteggiamento corretto in assenza di importanti complicazioni<sup>11 12</sup>. In questi casi, non avendo eseguito l'artrodesi, ci si trova di fronte alla necessità di decidere quando e se rimuovere lo strumentario. Riteniamo che in presenza di fratture al passaggio toraco-lombare (T12-L1), dove il range di movimento risulta ridotto a pochi gradi, sia ragionevole, in assenza di sintomatologia dolorosa o mobilizzazione dello strumentario, rinunciare alla sua rimozione. Diversamente quando la frattura si verifica a livello lombare (L2-L5) riteniamo necessario eseguire la rimozione dello strumentario, entro 6 -12 mesi dal trauma, per ripristinare la motilità ad un segmento ampiamente mobile. Peraltro l'incidenza della degenerazione articolare, e conseguente riduzione del range di movimento in presenza di una strumentazione senza artrodesi, rimane ancora controversa. Kahanovitz<sup>24</sup> ha pubblicato lavori sperimentali su cani e sull'uomo studiando gli effetti della fissazione interna sulle faccette articolari senza artrodesi. Questi Autori hanno evidenziato che le articolazioni presentavano all'esame ispettivo aree di fibrillazione, fissurazioni e aspetti degenerativi caratteristiche della degenerazione artrosica. All'indagine istologica evidenziavano aree di erosione, di neoformazione vascolare, formazione di osteofiti, rimodellamento subcondrale, fibrillazione e perdita della normale cellularità cartilaginea. Pertanto ritenevano che una strumentazione senza artrodesi fosse una pratica non scevra da possibili complicazioni sotto forma di una degenerazione artrosica sintomatica. Studi successivi hanno in parte ridimensionato tale possibilità. Gardner e Armstrong<sup>25</sup> hanno rivisto 20 casi trattati ad una distanza media di 8 anni e concludevano che una strumentazione lunga e fusione corta era praticabile senza determinare gravi degenerazioni articolari, che secondo Chen et al.<sup>26</sup> erano sintomatiche solo nel 18.3% della loro casistica. Un accesso anteriore nelle fratture vertebrali toracolombari recenti è stato impiegato in questa serie, nei casi in cui, dopo la chirurgia posteriore, a distanza di 4-8 settimane, la tac di controllo eviden-

ziava la presenza di diastasi dei frammenti del corpo vertebrale con mancata ricostruzione della colonna anteriore<sup>27</sup>. Seguendo questi principi è stata posta indicazione all'accesso anteriore solo nei casi nei quali era assolutamente indispensabile. La sola chirurgia anteriore la riserviamo a fratture non recenti delle strutture anteriori, con mancata consolidazione della frattura in presenza di dolore e lieve deformità. I principali svantaggi della chirurgia anteriore sono una non completa riduzione della frattura e correzione delle gravi cifosi, la scarsa familiarità alla maggior parte dei chirurghi associata ad una maggiore incidenza di complicazioni<sup>28 29</sup>. L'aumento della vita media e una maggiore partecipazione alla vita attiva dei soggetti in età avanzata (65-70 anni) ha determinato una sempre maggiore evidenza di lesioni vertebrali traumatiche instabili che necessitano di un trattamento chirurgico. L'osteoporosi rappresenta una problematica da non sottovalutare nella necessità di eseguire una strumentazione che doveva essere necessariamente più estesa per ripartire su più livelli i carichi e ridurre i cedimenti meccanici. L'impiego di viti cannulate, che consentono l'introduzione di cemento nelle vertebre, aumentando la stabilità, riduce la possibilità di mobilizzazione delle viti e permette strumentazioni più ridotte.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 Bradford DS. *Deformities of the thoracic and lumbar spine secondary to spinal injury*. In: *Scoliosis and other spinal deformities*. Philadelphia: WB Saunders 1987, p. 435-63.
- 2 Vaccaro AR, Silber JS. *Post traumatic spinal deformity*. Spine 2001;26:S111-8.
- 3 Putti V, Scaglietti O, Paltrinieri M. *Le fratture vertebrali*. Bologna: Cappelli Ed 1942.
- 4 Bohler L. *The treatment of fractures*. New York: Grune and Stratton 1956;1:300-467.
- 5 Bedbrook GM. *Fracture dislocations of the spine with and without paralysis: a case for conservatism and operative techniques*. In: Lynch R, ed. *Controversies and orthopaedic surgery*. Philadelphia: WB Saunders 1982, p. 423
- 6 Krompinger WJ, Fredrickson BE, Mino DE, Yuan HA. *Conservative treatment of fractures of thoracic and lumbar spine*. Orth Clin North Am 1986;17:161-70.
- 7 Weinstein JN, Collalto P, Lehmann TR. *Thoracolumbar "burst" fractures treated conservatively: a long-term follow-up*. Spine 1988;13:33-8.
- 8 Rehtine GR. *Non operative management and treatment of spinal injuries*. Spine 2006;31:S22-7.
- 9 Boriani S, Palmisani M, Donati U, Tella G, De Iure F, Bandiera S, et al. *Il trattamento delle fratture vertebrali toraciche e lombari: studio su 123 casi trattati chirurgicamente su 101 pazienti*. Chir Org Mov 2000;85:137-49.
- 10 Palmisani M, De Iure F, Donati U, Gasbarrini A, Scimeca GB, Barbanti Bròdano G, et al. *Il trattamento chirurgico delle fratture vertebrali toraciche e dorsali. Il Rachide*. It J Spinal Disord 2002;2:131-42.
- 11 Rampesaud YR, Annand N, Dekutoski MB. *Use of minimally invasive surgical technique in the management of thoracolumbar trauma*. Spine 2006;31:S96-102.
- 12 Barbanti Brodano G, De Iure F, Cappuccio M, Palmisani M, Boriani L, Gasbarrini A, et al. *Osteosintesi con tecnica percutanea minivasiva nel trattamento delle fratture vertebrali toraciche e lombari. Esperienza preliminare*. Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia 2007;33:78-85.
- 13 Hurler RJ. *Thoracolumbar spine fractures*. In: Frymoyer JW, ed. *The adult spine. Principles and practice*. 2 Ed. Philadelphia: Lippincott-Raven Pub 1997.
- 14 Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. *A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries*. Eur Spine J 1984;3:184-201.
- 15 Erickson DL, Leider LL, Brown WE. *One-stage decompression-stabilization for thoracolumbar fractures*. Spine 1997;2:53-6.
- 16 Oro J, Watts C, Gaines R. *Vertebral body impactor for posterior lateral decompression of thoracic and lumbar fractures*. J Neurosurg 1989;70:285-6.
- 17 Akbarnia BA, Crandall D, Burkus K, Matthews T. *Use of long rods and a short arthrodesis for burst fractures of the thoracolumbar spine. A long-term follow-up study*. J Bone Joint Surg 1994;76:1169-35.
- 18 Holdsworth FW. *Fractures, dislocations and fracture-dislocations of the spine*. J Bone Joint Surg 1970;52A:1534.
- 19 Stauffer ES. *Surgical management of trauma to the spine*. In: Everts CM, ed. *Surgery of the musculoskeletal system*. New York: Churchill Livingstone 1983, p. 211.
- 20 Stromsoe K, Hem ES, Aunan E. *Unstable vertebral fractures in the lower third of the spine treated with closed reduction and transpedicular posterior fixation: a retrospective analysis of 82 fractures in 78 patients*. Eur Spine J 1997;6:239-44.
- 21 Argenson C, Boileau T, De Peretti F, Lovet J, Dalzotto H. *Les fractures du rachis thoracique (T1-T10). A propos de 105 cas*. Rev Chir Orthop 1989;75:370-86.
- 22 Cinotti G, Gumina S, Ripani M, Postacchini F. *Pedicle instrumentation in the thoracic spine*. Spine 1999;24:114-9.
- 23 Krag MH, Weaver DL, Beynon DD, Haugh LD. *Morphometry of the thoracic and lumbar spine related to transpedicular screw placement for surgical spine fixation*. Spine 1988;13:27-32.
- 24 Kahanovitz N, Bullough P, Jacobs RR. *The effect of internal fixation without arthrodesis on human facet joint cartilage*. Clin Orthop Relat Res 1984;189:204-8.
- 25 Gardner VO, Armstrong GW. *Long-term lumbar facet joint changes in spinal fracture patients treated with Harrington rods*. Spine 1990;15:479-84.

- <sup>26</sup> Chen WJ, Niu CC, Chen LH, Chen JY, Shih CH, Chu LY. *Back pain after thoracolumbar fracture treated with long instrumentation and short fusion.* J Spinal Disord 1995;8:474-8.
- <sup>26</sup> McCornack T, Karaikovic E, Gaines RW. *The load sharing classification of the spine fractures.* Spine 1974;19:1741-4.
- <sup>27</sup> Dunn HK. *Anterior spine stabilization and decompression for thoracolumbar injuries.* Orthop Clin North Am 1986;17:113-9.
- <sup>28</sup> Kaneda K, Taneichi H, Abumi K, Hashimoto T, Satoh S, Fujiya M. *Anterior decompression and stabilization with the Kaneda device for thoracolumbar burst fractures with neurological deficits.* J Bone Joint Surg 1997;79:69-83.