

LE COMPLICAZIONI NELLA STABILIZZAZIONE PERCUTANEA DELLE FRATTURE DEL RACHIDE TORACICO E LOMBARE: ANALISI DI 101 PAZIENTI CON FOLLOW-UP MINIMO DI 1 ANNO

Complications in minimal invasive percutaneous fixation of thoracic and lumbar fractures: analysis of 101 patients with 1-year minimum follow-up

M. CAPPUCCIO, S. PADERNI, G. SCIMECA, L. MIRABILE, G. BOSCO, E. SERCHI, A. GASBARRINI, S. BANDIERA, F. DE IURE
 UOSD Chirurgia Vertebrale, Ospedale Maggiore, Bologna; * UO Neurochirurgia, Ospedale Maggiore, Bologna; ** Chirurgia Vertebrale Oncologico Degenerativa, Istituto Ortopedico Rizzoli, Bologna

Indirizzo per la corrispondenza:

Michele Cappuccio
 UOSD Chirurgia Vertebrale, Ospedale Maggiore
 largo Nigrisoli 2, 40100 Bologna
 Tel. +39 051 6478111
 E-mail: michele.cappuccio@libero.it

Ricevuto il 21 giugno 2011
 Accettato il 9 dicembre 2011

Riassunto

Introduzione. L'osteosintesi percutanea mininvasiva delle fratture vertebrali amieliche toraciche e lombari rappresenta una valida alternativa al trattamento incruento.

Obiettivi. Valutazione dei limiti e delle complicazioni di questa tecnica chirurgica in rapporto al trattamento incruento e all'artrodesi vertebrale con tecnica open

Materiale e metodi. Da maggio 2005 a maggio 2010 sono state stabilizzate 133 fratture vertebrali del tratto toracico e lombare in 101 pazienti. La localizzazione più frequente è stata al passaggio toraco-lombare. Tutte le fratture sono state classificate secondo la classificazione AO di Magerl.

Risultati. Le complicazioni sono state suddivise secondo un ordine temporale di comparsa in intraoperatorie e postoperatorie. Queste ultime si dividono a loro volta in precoci e tardive. A seconda della gravità sono suddivise in maggiori e minori. Abbiamo avuto 12 complicazioni (12%) suddivise in 4 intraoperatorie (4%), 6 postoperatorie precoci (6%) e 2 postoperatorie tardive (2%). Quattro complicazioni sono risultate minori (4%), e 8 maggiori (8%).

Conclusioni. L'osteosintesi percutanea mininvasiva risulta essere una tecnica chirurgica sicura con una bassa percentuale di complicazioni, anche se potenzialmente severe per il paziente, a fronte di un rapido e completo recupero funzionale con ripresa dell'attività lavorativa in tempi brevi.

Parole chiave: fratture vertebrali, mininvasiva, complicazioni, stabilizzazione percutanea

Summary

Introduction. Mini-invasive percutaneous fixation of amielic thoracic and lumbar fractures is a valid option vs conservative treatment.

Objective. Authors critically analyse complication rates and limits of the technique vs conservative or open arthrodesis.

Material and methods. Between May 2005 and May 2010 133 vertebral thoracic and lumbar fractures were treated (tot 101 patients). Thoraco-lumbar junction was the main location (T12-L1). All fractures were classified according the Magerls AO classification system.

Results. Complications are separately analysed: - on the time of turning up: intraoperative and postoperative; - on gravity: major and minor. Authors reported 12 complications (12%): 4 intraoperative (4%), 6 early postoperative (6%) e 2 late postoperative (2%); 4 were minor complications (4%) and 8 major (8%).

Conclusions. Percutaneous mini-invasive vertebral fixation is safe with low rate of complications.

Key words: vertebral fracture, minimal invasive, complication, percutaneous stabilization

INTRODUZIONE

Le tecniche di chirurgia mininvasiva del rachide sono in continua evoluzione e le indicazioni si vanno estendendo negli ultimi anni sia in campo traumatologico che degenerativo.

In traumatologia il confine tra trattamento incruento ed indicazione chirurgica è talora sfumato. La stabilizzazione mininvasiva di fratture anche composte implica un nursing più agevole del paziente politraumatizzato e del paziente obeso e la più facile gestione di pazienti con problematiche psico-sociali, che difficilmente recepiscono e mantengono le corrette indicazioni del trattamento incruento (alcolisti, tossicodipendenti, pazienti psichiatrici). Il decubito obbligato a letto e la ridotta mobilità comportano un maggior rischio di trombosi venosa profonda, una riduzione del trofismo muscolare e cartilagineo con conseguente allungamento dei tempi di recupero. Infine, sempre più spesso, molti pazienti hanno richieste professionali non compatibili con l'astensione lavorativa per periodi prolungati^{1,2}.

A causa del basso livello di evidenza correlato all'esiguità della letteratura, il ruolo della chirurgia mininvasiva nel trattamento delle fratture traumatiche dell'adulto non è ancora pienamente definito ma si sta sviluppando in molti centri una sempre più rilevante esperienza clinica³.

In considerazione del fatto che molto spesso, soprattutto nei pazienti monotraumatizzati, l'indicazione all'osteosintesi mininvasiva si pone in alternativa al trattamento incruento, è di fondamentale importanza conoscere e valutare i limiti e le complicazioni di questa tecnica chirurgica per non esporre i pazienti a rischi ingiustificati.

MATERIALE E METODI

Da maggio 2005 a luglio 2010 sono state stabilizzate 133 fratture vertebrali del tratto toracico e lombare in 101 pazienti. Sessantasette pazienti erano maschi e 34 femmine, con un'età media 47 anni (min. 15, max. 82). Ottantaquattro pazienti erano monotraumatizzati, 17 politraumatizzati con Injury Severity Score (ISS) medio di 25,2 (min. 17, max. 34).

La localizzazione più frequente è stata al passaggio toraco-lombare (T12-L1). Tutte le fratture sono state classificate secondo la classificazione AO di Magerl; si è trattato per la maggior parte di fratture tipo A (A1 e A3), mentre più raramente sono state trattate fratture tipo B o tipo C (Tab. I).

Il montaggio più frequente è stato quello monosegmentario (un livello sopra e uno sotto la vertebra fratturata) in 79 casi. Un montaggio a più livelli è stato eseguito in 22 casi di lesione multipla. In totale sono state impiantate con tecnica percutanea 462 viti peduncolari.

In 14 casi è stato introdotto un sostituto osseo (cemento, idrossiapatite) nella vertebra fratturata per colmare lo spazio residuo dopo la riduzione, e per rinforzare la colonna media ed anteriore. In un caso la stabilizzazione della frattura è stata associata alla discectomia e artrodesi intersomatica mininvasiva endoscopico-assistita per una concomitante patologia disco-degenerativa sintomatica allo stesso livello, mentre in un altro caso, di frattura tipo A di T11 T12 e L3 e frattura tipo B di L1 e L2, è stata eseguita una stabilizzazione percutanea T10-L4 ed un'artrodesi con accesso mini-open L1-L2. In

TABELLA I

Distribuzione delle fratture per livello e tipo.

	A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	TOT
T4							1	1
T5	2				1			3
T6	2	1						3
T7	1	1						2
T8	2			1	2		1	6
T9	2							2
T10	3							3
T11	5	1						6
T12	10	2	13					25
L1	14	3	23	1	1	1		43
L2	5	3	6	1				15
L3	3	1	5		1		1	11
L4	4	2	3		1			10
L5	1		2					3
TOT	54	14	52	3	6	1	3	133

nessun altro caso è stato eseguito un innesto a scopo di artrodesi.

Ai pazienti monotraumatizzati con frattura tipo A1, A2 e A3.1 con invasione del canale minima, è stata proposta l'opzione di trattamento incruento che è stata rifiutata nell'85% dei casi. In tutti i casi la compromissione del canale spinale era inferiore al 30%; in tutti i casi, eccetto uno, l'angolo di cifosi era inferiore ai 20°.

Abbiamo usato differenti strumentari disponibili per questo tipo di chirurgia, anche se con una netta prevalenza di due: A in 31 casi, B in 56 casi, C1 in 2 casi, C2 in 8 casi e D in 4 casi.

Tutti i pazienti sono stati sottoposti a radiografie standard e TC preoperatoria e nell'immediato postoperatorio, e sono stati seguiti nel tempo con controlli sistematici clinico radiografici a 1, 3, 6 e 12 mesi dall'intervento.

RISULTATI

La durata media dell'intervento è stata di 116 minuti (range 35-240 minuti), ed è direttamente correlata al numero di livelli stabilizzati e quindi al numero di viti impiantate. Il tempo medio si riduce a 106 minuti per l'impianto di 4 viti peduncolari, mentre diventa di 144 minuti per l'impianto di 6 viti e di 171 minuti per 8 viti. Le perdite ematiche sono state minime, non misurabili intraoperatoriamente.

L'analgesia postoperatoria è stata effettuata in tutti i casi con una pompa elastomerica contenente un farmaco oppioide ed un FANS.

Tutti i pazienti monotraumatizzati hanno recuperato la stazione eretta in media in seconda giornata post-operatoria e sono stati dimessi mediamente in quinta giornata. Nei pazienti politraumatizzati è stata concessa un'immediata mobilizzazione nei differenti decubiti al letto.

Il follow-up medio è di 38 mesi, con un minimo di 12 mesi e un massimo di 72 mesi.

COMPLICAZIONI

Le complicazioni sono state suddivise secondo un ordine temporale di comparsa in intraoperatorie e postoperatorie. Queste ultime si dividono a loro volta in precoci se compaiono entro un mese dalla data dell'intervento chirurgico e tardive se avvengono dopo tale periodo⁴.

A seconda della gravità vengono suddivise in maggiori e minori⁵. Le complicazioni maggiori sono quelle che comportano per il paziente un prolungamento del tempo di ricovero, un secondo intervento non previsto o un allungamento dei tempi di recupero.

Abbiamo avuto 12 complicazioni (pari al 12%) suddivise in 4 intraoperatorie (4%), 6 postoperatorie precoci (6%) e 2 postoperatorie tardive (2%) (Tab. II). Quattro complicazioni sono risultate minori (4%), e 8 maggiori (8%).

Complicazioni intraoperatorie

Sono state tutte complicazioni meccaniche minori legate allo strumentario che hanno allungato i tempi operatori senza alcuna conseguenza per i pazienti.

Complicazioni postoperatorie precoci

Si sono verificate 4 complicazioni meccaniche, una complicazione neurologica e una infettiva. In tutti i casi si è trattato di complicazioni maggiori.

Complicazioni meccaniche

In 2 pazienti si è avuta la disconnessione testa della vite dallo stelo in prima giornata postoperatoria. In un caso si è proceduto alla revisione chirurgica dell'impianto con sostituzione della vite, mentre nel secondo caso si è deciso di non reintervenire e di usare un busto a 3 punti per 3 mesi nel post-operatorio.

In 2 pazienti si è registrato il pull-out delle viti peduncolari a distanza rispettivamente di circa 15 giorni e 20 giorni dall'intervento. Nel primo caso si trattava di una paziente 63 anni con 2 fratture non contigue tipo A1 di T11 e L1

TABELLA. II.
Tipo di complicazioni e loro trattamento.

Complicazioni		n°	Descrizione	Intervento
Intraoperatorie	Meccaniche	1	- Disconnessione testa vite/stelo	- Sostituzione vite
		3	- Disconnessione barra	- Connessione manuale
Postoperatorie precoci	Meccaniche	2	- Disconnessione testa vite/stelo	- Sostituzione vite
		2	- Pull-out viti peduncolari	- Busto a 3 punti - Rimozione m.d.s. + VTP
	Neurologiche	1	- Paraplegia con sindrome cauda equina	- Decompressione intradurale
	Infettive	1	- Deiscenza ferita infetta	- Rimozione m.d.s.
Postoperatorie tardive	Meccaniche	1	- Mobilizzazione asettica viti peduncolari	- Rimozione m.d.s.
	Chirurgiche	1	- Ritardo di consolidazione	- Artrodesi anteriore

sottoposta a stabilizzazione T10-L3 con viti peduncolari bilaterali anche in L1. Il secondo caso era un paziente di 67 anni sottoposto a stabilizzazione T12-L2 per frattura tipo A3 di L1. In entrambi i casi si è proceduto alla rimozione percutanea dell'impianto e al trattamento delle fratture mediante vertebroplastica nel primo caso e cifoplastica nel secondo.

Complicazione neurologica

Sindrome della cauda equina con paraplegia ingravescente, iperreflessia e clono inesauribile comparsa in seconda giornata postoperatoria in una paziente trattata per una frattura amielica di L1 mediante osteosintesi mininvasiva T12-L2. La paziente è stata sottoposta a revisione chirurgica in urgenza dove si è evidenziato un ematoma intradurale organizzato che avvolgeva a manicotto il cono midollare estendendosi cranialmente e caudalmente a L1. È stata eseguita una asportazione completa dell'ematoma con tecnica microchirurgica senza rilevare la fonte del sanguinamento ed un ampliamento dell'area di artrodesi con impianto di viti peduncolari in T10 e T11. Nessuna delle viti è risultata procidente nel canale durante la revisione.

La paziente è stata successivamente trasferita presso un centro di rieducazione e dopo circa 2 mesi di terapia ha recuperato completamente la funzione sfinteriale e motoria agli arti inferiori.

Complicazione infettiva

Infezione superficiale da stafilococco epidermididis con deiscenza di una delle ferite in un paziente di 35 anni trattato mediante osteosintesi percutanea con sistema A per frattura tipo A2 di T11. Il paziente a 2 mesi e mezzo dall'intervento è stato sottoposto a rimozione dello strumentario con guarigione dell'infezione. Per altri 45 giorni il paziente ha indossato un busto a 3 punti e la frattura è guarita a 4 mesi con cifosi residua di 18 gradi.

Complicazioni postoperatorie tardive

Entrambe le complicazioni sono risultate maggiori. In un caso si è avuto un ritardo di consolidazione in un paziente con frattura tipo A3 di T12, con cifosi iniziale di 30°, che a distanza di 3 mesi dall'intervento presentava persistenza di dolore sotto carico e mancata evidenza di callo osseo al controllo radiografico. Il paziente è stato sottoposto ad artrodesi anteriore mediante accesso toracoscopico con risoluzione completa della sintomatologia dolorosa.

Nel secondo caso si è avuta una mobilizzazione asettica delle viti in L5 in un giovane paziente di 28 anni, trattato 3 anni prima con osteosintesi L3-L5 (strumentario A) per una frattura tipo B2 di L4, e che a distanza di 6 mesi dall'intervento, a guarigione della frattura, aveva rifiutato l'intervento di rimozione dello strumentario. Il paziente è stato sottoposto a rimozione mininvasiva dei mezzi di sintesi, con scomparsa immediata della sintomatologia dolorosa.

DISCUSSIONE

La scelta del trattamento delle fratture del rachide toracico e lombare è legata a numerosi fattori quali, il tipo di frattura, la presenza di un danno neurologico, la presenza di eventuali lesioni associate e l'età del paziente.

Il trattamento conservativo di alcuni tipi di fratture vertebrali viene proposto con successo da vari Autori⁶⁻¹⁰, con diverse metodologie: riposo al letto seguito da ortesi esterne, ginnastica in estensione, busti gessati su letto di riduzione o in piedi¹¹. Independentemente dalla metodologia adottata il trattamento deve proseguire per una durata di almeno 3-4 mesi durante i quali la *compliance* e la collaborazione del paziente è essenziale. Le problematiche correlate all'allettamento, soprattutto nei pazienti più anziani, sono innumerevoli, anche se difficilmente calcolabili¹². Le trombosi venose profonde possono incidere fino al 30% dei casi. L'obesità, le broncopneumopatie croniche ostruttive, la stasi venosa, i disturbi psichiatrici rappresentano controindicazioni pressoché assolute al trattamento incruento.

Inoltre oggigiorno sempre più pazienti hanno la necessità di tornare alla loro vita sociale e lavorativa in tempi brevi, e richiedono di sottoporsi al trattamento chirurgico per accelerare i tempi di recupero. Nella nostra esperienza solo il 15% dei pazienti monotraumatizzati ha optato per il trattamento incruento della durata di 4 mesi.

In letteratura le percentuali di complicazioni del trattamento incruento variano dal 6,7% al 23,6%¹³⁻¹⁷.

Alcuni autori¹³ hanno confrontato il trattamento chirurgico mediante artrodesi strumentata posteriore con quello conservativo, dimostrando risultati migliori con il trattamento chirurgico nel breve termine, ma paragonabili nel lungo termine, a discapito di un maggior numero di complicazioni correlate alla chirurgia. Gli unici due studi prospettici riportano una percentuale di complicazioni per il trattamento incruento del 13% e del 20%, rispetto a quelle del trattamento chirurgico pari rispettivamente al 66,7% e 29%¹⁴⁻¹⁷.

Verlaan et al. in una revisione della letteratura sul trattamento chirurgico delle fratture toraciche e lombari, riportano inoltre una perdita ematica ingente nella chirurgia a cielo aperto posteriore, che varia da 828 a 1277 ml a seconda della lunghezza dell'impianto e dell'esposizione. La percentuale di complicazioni in 138 lavori analizzati varia dall'11,7 al 22,4%. Non vi è una distinzione tra complicazioni maggiori e minori, ma analizzando nello specifico le varie complicazioni si evidenzia che le complicazioni minori sono solo una minima parte e la percentuale di complicazioni maggiori è pari a circa il 95% di quelle riportate¹⁸.

In uno studio multicentrico del "Spine Study Group of the German Trauma", viene riportata una percentuale di complicazioni del 14% dell'accesso posteriore, con una percentuale di revisione chirurgica del 4,7%¹⁹.

In letteratura vi è accordo sul fatto che le complicazioni per l'accesso posteriore sono minori rispetto all'accesso anteriore, che gli studi prospettici riportano una percentuale di complicazioni maggiori rispetto agli studi retrospettivi (19,9% vs. 16,1% nella revisione di Nasser per le procedure toraco-lombari), e che non vi è una differenza statisticamente significativa tra anno dello studio e percentuale di complicazioni²⁰.

Non vi sono studi che analizzano le complicazioni dell'osteosintesi mininvasiva delle fratture del rachide toracico e lombare. In uno studio retrospettivo vengono confrontati due gruppi di pazienti trattati mediante osteosintesi mininvasiva (10 pazienti) e artrodesi con tecnica "open" (11 pazienti), con un follow-up minimo di 5 anni. Vi è evidenza della minor perdita ematica per il gruppo trattato con tecnica mininvasiva, ma non vengono prese in considerazione le complicazioni occorse³.

Le complicazioni della nostra serie sono paragonabili a quelle riportate in letteratura per il trattamento incruento, mentre risultano minori rispetto all'artrodesi tradizionale a cielo aperto.

Tra le complicazioni intraoperatorie in 3 casi si è registrata la difficoltà dell'inserimento della barra con disconnessione del sistema di puntamento (strumentario A). Questo tipo di complicazione, avvenuta solo all'inizio della nostra esperienza in questo tipo di chirurgia (nei primi 16 casi con questo strumentario), ha reso necessario un piccolo allargamento del tramite chirurgico per poter riagganciare manualmente la barra e quindi un allungamento del tempo operatorio.

Le altre complicazioni meccaniche sono state la disconnessione della testa della vite avvenuta in un caso intraoperatoriamente e in 2 pazienti in prima giornata postoperatoria. In un caso si è proceduto alla revisione chirurgica dell'impianto con sostituzione della vite, mentre nel secondo caso si è deciso di non reintervenire e di usare un busto a 3 punti per 2 mesi nel post-operatorio. Queste complicazioni sono avvenute con il medesimo strumentario (B) che in seguito a questi episodi ha subito delle modifiche nel sistema di alloggiamento e connessione della barra alla vite, in quanto è emerso che durante questa manovra si esercitava una trazione eccessiva sulla testa della vite. Dopo la modifica non si sono più avute complicazioni di questo tipo nei successivi 53 casi.

I due casi con pull-out precoci delle viti sono avvenuti entrambi con lo stesso strumentario (C2), su un totale di 8 casi, con una percentuale di fallimento del 25%. Dopo questi 2 casi questo strumentario è stato abbandonato.

Solo in un altro caso si è avuta una mobilizzazione delle viti (strumentario A), ma in questo caso di trattava di una zona molto mobile del rachide (L3-L5), in un paziente giovane con elevate richieste funzionali, e tale mobilizzazione è avvenuta a distanza di 3 anni mezzo dall'intervento. Al

paziente era stata proposta la rimozione dello strumentario a distanza di 6 mesi dall'intervento a guarigione della frattura ma il paziente aveva rifiutato un secondo intervento.

Abbiamo avuto solo una complicazione neurologica anche se potenzialmente molto grave. Ad una revisione del caso non si sono trovate spiegazioni valide per giustificare la comparsa di un ematoma intradurale a livello della frattura. La TC postoperatoria e la revisione chirurgica non hanno mostrato violazione del canale da parte delle viti peduncolari, né una protrusione all'interno del canale vertebrale del muro posteriore.

Nel caso della complicazione infettiva, si è dovuto procedere a rimozione dello strumentario per permettere la guarigione dell'infezione superficiale. Una possibile causa della mancata guarigione di una delle ferite chirurgiche è il fatto di aver usato uno strumentario (A) con barra presagomata in lordosi a livello di T11, e quindi con una spina irritativa continua a livello del tessuto sottocutaneo. Attualmente per questi tratti di rachide usiamo uno strumentario con barre rette sagomabili manualmente a seconda del grado di lordosi o cifosi del segmento spinale interessato.

Solo una frattura non è giunta a guarigione, ma in questo caso si è trattato di un errore di indicazione chirurgica. Si tratta infatti dell'unico caso con cifosi iniziale maggiore di 20°. In questo caso si sarebbe dovuto procedere o ad una artrodesi strumentata posteriore con tecnica open, oppure ad una artrodesi anteriore fin dall'inizio. In tutti gli altri casi le fratture sono guarite in un tempo massimo di 6 mesi a dimostrazione dell'efficacia della tecnica chirurgica, indipendentemente dallo strumentario utilizzato.

CONCLUSIONI

L'osteosintesi percutanea mininvasiva risulta essere una tecnica chirurgica sicura con una bassa percentuale di complicazioni, anche se potenzialmente severe per il paziente, a fronte di un rapido e completo recupero funzionale con ripresa dell'attività lavorativa in tempi brevi.

Intraoperatoriamente diventa di fondamentale importanza lo strumentario chirurgico e la conoscenza dello stesso, per cercare di ridurre al minimo il rischio di complicazioni, la durata dell'intervento e l'esposizione a radiazioni ionizzanti.

Le complicazioni maggiori si hanno soprattutto nell'immediato periodo postoperatorio e possono essere sia di tipo meccanico, legate alla strumentazione, sia di tipo chirurgico legate all'atto operatorio vero e proprio.

Di fondamentale importanza diventa porre una corretta indicazione chirurgica e coinvolgere il paziente sulle possibili complicazioni e sulla eventuale necessità di dover ricorrere ad un secondo intervento di rimozione della strumentazione.

Bibliografia

- ¹ Foley KT, Gupta SK. *Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine*. Neurosurg Focus 2001;10:1-8.
- ² Palmisani M, Gasbarrini A, Brodano GB, et al. *Minimally invasive percutaneous fixation in the treatment of thoracic and lumbar spine fractures*. Eur Spine J 2009;18(Suppl 1):71-4.
- ³ Wild MH, Glees M, Plieschnegger C, et al. *Five-year follow-up examination after purely minimally invasive posterior stabilization of thoracolumbar fractures: a comparison of minimally invasive percutaneously and conventionally open treated patients*. Arch Orthop Trauma Surg 2007;127:335-43.
- ⁴ Wise JJ, Fischgrund JS, Herkowitz HN, et al. *Complication, survival rates, and risk factors of surgery for metastatic disease of the spine*. Spine (Phila Pa 1976) 1999;24:1943-51.
- ⁵ McDonnell MF, Glassman SD, Dimar JR 2nd, et al. *Perioperative complications of anterior procedures on the spine*. J Bone Joint Surg Am 1996;78:839-47.
- ⁶ Been HD, Poolman RW, Ubags LH. *Clinical outcome and radiographic results after surgical treatment of post-traumatic thoracolumbar kyphosis following simple type A fractures*. Eur Spine J 2004;13:101-7.
- ⁷ Mumford J, Weinstein JN, Spratt KF, et al. *Thoracolumbar burst fractures. The clinical efficacy and outcome of nonoperative management*. Spine 1993;18:955-70.
- ⁸ Seybold EA, Sweeney CA, Fredrickson BE, et al. *Functional outcome of low lumbar burst fractures. A multicenter review of operative and nonoperative treatment of L3-L5*. Spine 1999;24:2154-61.
- ⁹ Shen WJ, Shen YS. *Nonsurgical treatment of three-column thoracolumbar junction burst fractures without neurologic deficit*. Spine 1999;24:412-5.
- ¹⁰ Shen WJ, Liu TJ, Shen YS. *Nonoperative treatment versus posterior fixation for thoracolumbar junction burst fractures without neurologic deficit*. Spine. 2001;26:1038-45.
- ¹¹ Chow GH, Nelson BJ, Gebhard JS, et al. *Functional outcome of thoracolumbar burst fractures managed with hyperextension casting or bracing and early mobilization*. Spine 1996;21:2170-5.
- ¹² Pape HC, Giannoudis P, Krettek C. *The timing of fracture treatment in polytrauma patients: relevance of damage control orthopedic surgery*. Am J Surg 2002;183:622-9.
- ¹³ Shen WJ, Shen YS. *Nonsurgical treatment of three-column thoracolumbar junction burst fractures without neurologic deficit*. Spine (Phila Pa 1976) 1999;24:412-5.
- ¹⁴ Siebenga J, Leferink VJ, Segers MJ, et al. *Treatment of traumatic thoracolumbar spine fractures: a multicenter prospective randomized study of operative versus non-surgical treatment*. Spine (Phila Pa 1976) 2006;31:2881-90.
- ¹⁵ Tezer M, Erturer RE, Ozturk C, et al. *Conservative treatment of fractures of the thoracolumbar spine*. Int Orthop 2005;29:78-82.
- ¹⁶ Tropiano P, Huang RC, Louis CA, et al. *Functional and radiographic outcome of thoracolumbar and lumbar burst fractures managed by closed orthopaedic reduction and casting*. Spine (Phila Pa 1976) 2003;28:2459-65.
- ¹⁷ Wood K, Buttermann G, Mehbod A, et al. *Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit. A prospective, randomized study*. J Bone Joint Surg Am 2003;85-A:773-81.
- ¹⁸ Verlaan JJ, Diekerhof CH, Buskens E, et al. *Surgical treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine: a systematic review of the literature on techniques, complications, and outcome*. Spine (Phila PA 1976) 2004;29:803-14.
- ¹⁹ Knop C, Bastian L, Lange U, et al. *Complications in surgical treatment of thoracolumbar injuries*. Eur Spine J 2002;11:214-26.
- ²⁰ Nasser R, Yadla S, Maltenfort MG, et al. *Complications in spine surgery*. J Neurosurg Spine 2010;13:144-57.