



Torakolomber patlama kırıklarında ameliyat sonrası deformite için kestirimci faktörler: İstatistiksel yaklaşım

Stelian ANGHEL, Marius PETRISOR, Corneliu Florin BUICU, Denes MARTON, Tiberiu BĂTAGĂ

Târgu Mureş Tıp ve Eczacılık Üniversitesi, Romanya

Amaç: Bu çalışmanın amacı istatistiksel analiz kullanarak patlama kırıklarının cerrahi tedavisinin son neticesinin ne derece operasyon şekli, kırık seviyesi ve birincil deformite şiddetine bağlı olduğunu değerlendirmektir.

Çalışma planı: Yalın ve çoklu doğrusal regresyon modelleri kullanılarak tek-omur-seviyeli torasik ve lomber omur kırıkları olan 287 hastanın verileri analiz edildi. Bağımlı değişken son takipteki (ST) kifotik açıydı ve kestirimci değişkenler ise operasyon şekli (anteriyor yaklaşım [AY], posteriyor kısıt segment fiksasyon [PKSF] ve posteriyor tek-segment fiksasyon [PTF]), kırık seviyesi (T11-L1, L2-L3 ve L4-L5) ve ameliyat öncesi kifotik açıydı. Modeller, ya bütün örnekleme ya da operasyon şekli alt gruplarına uygulandı.

Bulgular: Son takip kifotik açı varyasyonunda kırık seviyesi, yalın doğrusal regresyon analiz modellerinde AY ve PTF alt gruplarında sırasıyla %32'si ve %18'inin nedenini açıkladı. Son takip kifotik açı varyasyonunda kırık seviyesi, aynı alt grupların çoklu doğrusal regresyon modellerinde %40'a kadarını açıkladı. Kestirimci değişken olarak cerrahi tedavi, PKSF ile tespit edilen hastaların AY ile tespit edilen hastalara oranla operasyon sonrası 8.51° daha şiddetli kifotik açı geliştirdiklerini belirtti. Ancak, model son takipteki kifotik açı varyasyonunun yalnızca %2'sine açıklama getirdi. Bağımsız değişken olarak ameliyat öncesi kifotik açının temel alındığı her alt gruba uygulanan yalın doğrusal regresyonlar değişkenin son takipteki kifotik açının %15'ini (PKSF alt grubu), %17'sini (AY alt grubu) ve %34'ünü (PTF alt grubu) açıkladığını ortaya koydu.

Çıkarımlar: Geçerli bütün regresyon modelleri fazla açıklayıcı değillerdi ve göz önünde bulundurulmuş bu faktörler dışında başka faktörlerinde dâhil olduğunu ileri sürdü.

Anahtar sözcükler: Post-travmatik kifotik deformite; torakolomber patlama kırığı.

Patlama kırıklarının cerrahi düzeltme ya da konservatif tedavileri sonrasında kırık omur gövdesinin kamalanmasıyla düzeltme kaybı sıklıkla görülmektedir.^[1-3] Nihai angülasyon derecesine bağlı olarak düzeltme kaybı minör rahatsızlık veya başka cerrahi tedavi gerektiren post-travmatik kifoza neden olabilir. Dolayısıyla, önceki

birçok çalışmanın konusu düzeltme kaybının potansiyel determinantlarının analizi olmuştur.

Düzeltilme kaybı sıklıkla kırık şiddetinin en baştan hatalı değerlendirilmesini takiben kırığın yetersiz tedavi edilmesi ya da cerrahi operasyon ile tespit edilen olgularda yetersiz enstrümantasyon stabilitesi yüzünden

Yazışma adresi: Dr. Corneliu Florin BUICU, University of Medicine and Pharmacy of Târgu Mureş, Romania.

Tel: +0040 - 740031202 e-posta: corneliuflorinbuicu@gmail.com

Başvuru tarihi: 05.08.2014 **Kabul tarihi:** 28.09.2014

©2015 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği

Bu yazının çevrimiçi İngilizce versiyonu

www.aott.org.tr adresinde

doi: 10.3944/AOTT.2015.14.0274

Karekod (Quick Response Code)



kaynaklanmaktadır.^[4,5] Cerrahi düzeltme operasyonuna giren olgularda cerrahi yaklaşım, etkilenen omur gövdesinin kamalanmasının potansiyel sorumlu faktörü olabilir. Oldukça az cerrahi gereksinim, düşük morbidite ve kısa operasyon zamanı gibi belirgin avantajları yüzünden posteriyor kısa-segment fiksasyonu (PKSF) patlama kırıklarında sıklıkla kullanılan cerrahi tedavidir.^[6-8] Ancak, dezavantajları sırasıyla oldukça yüksek oranda düzeltme kaybı, implant hatası ve psödoartrozdur.^[9-11] Anteriyor yaklaşım (AY), posteriyor yaklaşıma bir alternatif olarak, anteriyor kolon için daha yüksek oranda stabilite sağlar ama sajital denge açısından tartışmalı bir etkiye sahiptir.^[12,13] Ameliyat sonrası kifotik açı bakımından bazı çalışmalar AY'nin posteriyor yaklaşıma tercih edilip edilmesini tartışmıştır^[14,15] ancak başka çalışmalar da posteriyor enstrümantasyon ile daha yüksek stabilite arasında korelasyon bulmuştur.^[16-18] Ayrıca, başka çalışmalar ise göz önünde bulundurulmuş bütün cerrahi yöntemlerin bir yıllık takipleri için benzer değerler ortaya koymuştur.^[19,20]

Spinal segmentlerde biyomekanik davranış değişikliği gösterdiği için son takipteki kifotik açı genişliği kırık seviyesinden etkilenebilir. White ve Panjabi^[21] vertebral kolondaki pozisyonlarına göre kompresyon güçlerinin farklı seviyelerdeki omur gövdeleri arasında değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Kompresyon güçleri vertebral gövde merkezi ile şakul arasındaki mesafe olarak tanımlanan kuvvet kolu üzerinde ve üstündeki vertebral segmentin ağırlığına eş zamanlı olarak bağlıdır. Deneysel bir çalışma,^[22] düzeltme kaybı için en uygun özellikli denklemleri göstererek bu varsayımı konservatif olarak tespit edilen patlama kırıklarındaki çeşitli kırık seviyeleri için kanıtlamıştır.

Bu çalışmada göz önünde bulundurulmuş üçüncü faktör kendi başına ya da yük paylaşımı manasında cerrahi ve konservatif tedavi arasında karar vermek için önemli olan ameliyat öncesi kifotik açıdır.^[23,24] White ve Panjabi^[21] azaltılmış vertebral segmentin son derece yüksek instabilitesinin geç deformiteyi destekleyebileceği sonucuna varmıştır. Bu yüzden, geç deformitenin daha çok birincil redüksiyona gerek duyulan olgularda daha büyük olduğu farz edilebilir.

Dolayısıyla, çoklu kestirimci faktör geç deformiteye neden olabilir. Bu çalışmanın amacı istatistiksel analiz kullanıp ve kapsamlı literatür taraması yaparak cerrahi tespit yapılan patlama kırıkları olgularında son takip kifotik açı varyasyonunun ne derece operasyon şekli, kırık seviyesi ve birincil deformite şiddetine bağlı olduğunu değerlendirmektir.

Gereç ve yöntem

Veri mevcudiyeti ve temsil edilebilirliği yüzünden

birincil veriler, 2000 ve 2012 yılları arasında yayınlanan ve 'patlama kırığı' teriminin araştırma parametresi olarak kullanıldığı ScienceDirect, Ovid ve PubMed veri tabanlarında mevcut olan araştırma makalelerinin sistematik literatür taraması yapıldıktan sonra seçilen 12 makaleden toplandı. Seçimin ikinci safhasında, hastanın demografik ve tıbbi bilgilerini içermeyip sadece meta veri içeren makalelerin hepsi hariç tutuldu. Sonra, aşağıda bahsedilen dâhil edilme kriterlerinin hepsini karşılayan hastaların birincil verileriyle bir veri tabanı oluşturuldu:

- Hastalar yetişkindi
- Kırık travma sonrası oluşmuştu ya da osteoporotik değildi
- Kırık torakolomber omurun tek vertebral seviyesini içeriyordu (T11-L5)
- Kırığın aşağıdaki yöntemlerin herhangi biriyle tespiti yapılmıştı: AY, PKSF veya posteriyor tek-segment fiksasyonu (PTF) ve operasyon yeterli ölçüde açılmıştı
- Son takip 12 ay ya da sonrasıydı
- Bütün hastalar için ayrı ayrı ameliyat öncesi, ameliyat sonrası ve son takip kifotik açı değerleri mevcuttu
- Hastanın gerekli demografik verileri mevcuttu.

Yukarıda bahsi geçen kriterleri karşılayan hastaların verilerini içeren son veri tabanı cerrahi tespite göre üç alt gruba ayrıldı: AY ile tespit edilen hastalar, PKSF ile tespit edilen hastalar ve PTF ile tespit edilen hastalar. Analizi sadeleştirmek ve sonuçların daha yüksek geçerliliği olması için bu çalışma aşağıdaki vertebral seviyelerindeki biyomekanik davranışların benzerliklerini dikkate aldı: L4'ü L5 ile L2'yi L3 ile ve T11'i L1'e kadar bitiştiiren. Bu nedenle, istatistiksel analizde kırık seviyesi (kestirimci bir etkisiz değişken) üç kategorik alternatif içerdi (T11-L1, L2-L3 ve L4-L5). Birincil deformitenin şiddeti bakımından en yaygın kullanılan parametrelerden biri Load-Sharing Classification Score'dur. Verilerin elde edilememesinden ötürü bu çalışma temsili değişken olarak ameliyat öncesi kifotik açıyı seçti. "Windows için SPSS 20" istatistik yazılımı bu çalışmada kullanıldı. İstatistiksel analiz, hem alt grup seviyesinde hem de bütün örneklem üzerinde uygulanan bir dizi yalın ve çoklu doğrusal regresyonlar içerdi. Bu çalışma, son takip kifotik açıyı bağımlı değişken olarak kabul etti. Operasyon şekli, kırık seviyesi ve ameliyat öncesi kifotik açı bağımsız değişkenler olarak ya tek başına ya da aynı anda değerlendirildi. Anlamlılık düzeyi 0.05 olarak belirlendi. İstatistiksel analiz üç basamakta gerçekleşti. İlk basamak, son takip kifotik açının bağımlı değişken ve kırık seviyesi, operasyon şekli ve ameliyat öncesi kifotik açının kestirimci değişkenler olduğu bütün hasta

örnekleminde uygulanan bir dizi regresyonlardan oluştu. Takip eden diğer basamaklarda, operasyon şekline göre oluşturulmuş alt gruplar için regresyon modelleri hesaba katıldı. Alt grup seviyesinde, hem ameliyat öncesi kifotik açının hem de kırık seviyelerinin bağımsız değişkenler olduğu çoklu doğrusal regresyon modelleri uygulandı.

Bulgular

Veri tabanı 287 hastadan oluştu. Yetmiş altı hasta AY^[19,25-27] ile 175 hasta PKS^[28-32] ile ve 36 hasta PTF^[33,34] ile tespit edildi. Bütün veri tabanının regresyon analizi kırık seviyesinde (etkisiz değişken) gerileyen son takip kifotik açı modelinin açıklayıcı bir güce sahip olmadığını ortaya koydu. Cerrahi tespit (etkisiz değişken) üzerine yapılan son takip kifotik açının doğrusal regresyonu PKS^[28-32] ile tespit edilen hastaların AY ile tespit edilen hastalara oranla operasyon sonrası 8.51° daha şiddetli kifotik açı geliştirdiğini belirtti. Diğer iki yöntemle kıyasla PTF'nin son takip kifotik açı üzerine açıklayıcı veya kestirimci anlamlılığı yoktu. Dahası, model geçerliliğine rağmen tedavinin kendisi son takip kifotik açı varyasyonunun %2'sine açıklama getirdi.

Bütün örneklem için ameliyat öncesi kifotik açı üzerine yapılan son takip kifotik açı doğrusal regresyonu son takip kifotik açının varyasyonunun yaklaşık %17'sinin ameliyat öncesi kifotik açı varyasyonundan kaynaklandığını ileri sürdü. Regresyon katsayısı son takip kifotik açının ameliyat öncesi kifotik açıdaki her 1°'lik artışa karşın 0.25°'lik artış gösterdiğini ve korelasyonun yüksek derecede anlamlı olduğunu belirtti.

Üç kestirimci değişkeni aynı anda girdikten sonra bütün örneklem üzerinde uygulanan çoklu doğrusal regresyon analizi geçersiz çıktı. Her bir hasta alt grubu (operasyon şekli sonrası) için yürütülen regresyon modellerinin sonuçları Tablo 1'de görülebilir.

Tartışma

Genel olarak, son takip kifotik açı ameliyat sonrası kifotik açı ile düzeltme kaybı derecesi arasındaki kombinasyonun doğal bir sonucudur. Bir dereceye kadar her ikisi de tedavi şekline bağlıdır. Ameliyat sonrası kifotik açı doğru redüksiyona bağlıyken düzeltme kaybı belirli aletin anterior kolonu destekleme kapasitesine dayanmaktadır. Örneğin, PKS^[28-32] iyi kırık redüksiyonu sağlamakla birlikte yapı daha az sabit destek sağlamaktadır.

Tablo 1. Alt grup seviyesinde regresyon modellerinin sonuçları.

Analiz	Alt grup	Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayısı	Değiştirilmiş R-kare değeri
1	Operasyon şekli PKS ^[28-32]	Kırık seviyesi	Geçersiz model	0.15
		Ameliyat öncesi açı	0.28	
		Kırık seviyesi ve ameliyat öncesi açı	Ameliyat öncesi açı: 0.24	
2	Operasyon şekli AY	Kırık seviyesi	Kırık seviyesi: Anlamlı değil	0.18
			L4-L5 vs. L2-L3: -19***	0.32
			T11-L1 vs. L4-L5: +25***	
			T11-L1 vs. L2-L3: +6*	0.17
		Ameliyat öncesi açı	0.34	
		Kırık seviyesi ve ameliyat öncesi açı	Ameliyat öncesi açı: Anlamlı değil	
3	Operasyon şekli PTF	Kırık seviyesi	Kırık seviyesi:	0.33
			L4-L5 vs. L2-L3: -18.3***	0.18
			T11-L1 vs. L4-L5: +21.7***	
			T11-L1 vs. L2-L3: Anlamlı değil	0.34
		Ameliyat öncesi açı	0.45	
		Kırık seviyesi ve ameliyat öncesi açı	Ameliyat öncesi Açısı: 0.40***	
		Kırık Seviyesil:	0.41	
		L4-L5 vs. L2-L3 ve	0.18	
		T11-L1 vs. L4-L5: Anlamlı değil		
		T11-L1 vs. L2-L3: +3.62		

*0.05 anlamlılık seviyesi; **0.01 anlamlılık seviyesi; ***0.001 anlamlılık seviyesi.

[20,35] Buna karşın, AY yapı aracılığıyla yüksek kolon stabilitesi ve daha düşük düzeltme kaybı sunarken her bir operasyon şekli için benzer son takip kifotik açı değerlerinden sorumlu olan daha az hatasız kırık redüksiyonu sunmaktadır.^[36-38]

Verlaan ve ark.^[1] cerrahi müdahale ile tedavi edilen torasik ve lomber patlama kırıkları üzerine on yılı aşkın sürede yayınlanmış makalelerin bir literatür taramasını yapmıştır. Sonuçlar, çalışmada dikkate alınan dört cerrahi tedavi ile ilişkili olan –uzun posteriyor operasyonlar, kısa posteriyor operasyonlar, izole anterior operasyonlar ve posteriyor ile birleşen anterior operasyonlar– oldukça farklı düzeltme kaybı değerlerine rağmen son takip kifotik açının ortalama değeri 8.7° ve 10.8° arasında değişiklik göstermiştir. Anterior yaklaşım ve PKSF alt grupları için ölçülen ortalama değerlerin arasındaki farklar sadece 1.3° idi ama çalışma bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirtmemiştir.

Mevcut regresyon analizinin sonuçları PKSF'nin PTF ve AY'ye oranla geç deformitenin gelişimini kolaylaştıracağını istatistiksel olarak kanıtladı. Ancak, değiştirilmiş R-kare değeri son takip kifotik açıdaki varyasyonun yalnızca %2'sinin operasyon şekli faktörüyle ilgili olduğunu ortaya koymaktadır. Kırılmış vertebraların seviyesi bakımından omurga boyunca spesifik konumlarına bağlı olarak kompresyon güçlerinin vertebral gövdede farklı işlediği açıktır. Önceki çalışmalara göre^[21,22] kompresyon gücü vertebral gövde merkezi ile şakul arasındaki mesafe olan kuvvet kolu ile doğrudan orantılıdır.

Bu çalışmada, kırık seviyesi bağımsız etkisiz değişken olarak bütün veri tabanı üzerinde uygulanan yalın doğrusal regresyon analizi geçersiz bir model sundu. Bu, muhtemelen, PKSF alt grubunun AY ve PTF alt gruplarından oldukça geniş bir ölçüye sahip olması ile açıklanabilir. Bu varsayımı araştırmak için daha fazla araştırma yapmak gereklidir.

Tablo 1'de gösterildiği gibi regresyon modelleri, L4–L5 kırık seviyesinin T11–L1'den anlamlı derecede daha uzun vadede stabilite sağlayan AY ve PTF alt grupları için geçerliydi. Alt lomber kırıklara sahip olan hastaların torakolomber kırıkları olanlara oranla 19°'ye kadar AY alt grubundan ve 11.7°'ye kadar PTF alt grubundan daha küçük son takip kifotik açı geliştirmesi daha mümkündü. AY ile tespit edilen hastalarda L4–L5 kırıkları L2–L3 kırıklardan daha yüksek stabilite gösterdi ve regresyon katsayısına göre önceki şekildeki son takip kifotik açı, sonuncu şekildekinden 25° daha küçüktü. L2–L3 seviyesi T11–L1 seviyesinden daha yüksek stabilite gösterdi ve bu son takip kifotik açının yaklaşık olarak 6° daha düşük olması ile sonuçlandı. Posteriyor tek-segment fiksasyonu operasyonu bakımından hem alt

lomber kırıklar hem de torakolomber kırıklar üst lomber kırıklara nazaran anlamlı derecede farklı son takip kifotik açıyla neden olmadı.

Ancak, hem AY hem de PTF alt grupları için kırık seviyesinin bağımsız değişken kabul edildiği yalın doğrusal regresyon modelleri oldukça düşük açıklayıcılığa sahipti. Posteriyor tek-segment fiksasyonu ve AY alt gruplarında kırık seviyesi son takip kifotik açı varyasyonunun sadece %18 ve %32'sini açıkladı. Ayrıca, AY ile tespit edilen kırıklar bakımından varyasyonun birazı doğru redüksiyon sağlamadaki zorluk ile açıklanabilir.

Patlama kırıkları ile ilgili olarak, etkilenen vertebral gövdenin deformasyon süreci travmatik güç çevre kemik dokuya ya da lifli dokuya dağılıncaya kadar veya etkilenen vertebral gövdenin direnci ile dengelene kadar sürmektedir. Biyomekanik çalışmalar, kırılmış bir vertebral gövdenin redüksiyonunun spinal segmentin aşırı derecede instabil olmasına sebep olarak kazanılmış dengeyi değiştirdiğini ve onu altta yatan kompresyon güçlerine karşı dayanıksız kıldığını göstermiştir.^[39-41] Ameliyat öncesi kifotik açının, travmatik kuvvetin etkilenen vertebral gövdenin dayanıklılığa ile karşılandığı denge noktası olduğunu göz önünde tuttuğumuzda ameliyat sonrası kifotik açının birincil ameliyat öncesi kifotik açıyı aşmayacağı farz edilebilir.

Ameliyat öncesi kifotik açının bağımsız değişken olduğu bütün örneklem için oluşturulan yalın doğrusal regresyon denklemi son takip kifotik açının ameliyat öncesi kifotik açıdaki her 1°'lik artışa karşın 0.25°'lik artış gösterdiğini belirtti. Ancak, bu faktörel değişken son takip kifotik açı total varyasyonun yalnızca %20'sine açıklık getirdi.

Alt grup seviyesindeki bütün yalın regresyon modellerinde ameliyat öncesi kifotik açı son takip kifotik açı için kestirimci faktördü. Diğer iki alt grup için her iki modelden daha yüksek en iyi açıklayıcılığa sahip model ameliyat öncesi kifotik açı ile son takip kifotik açı varyasyonunun %34'ünün açıklandığı PTF ile tespit edilen alt grup olmuştur. Ek olarak, 1°'lik ameliyat öncesi kifotik açının son takip kifotik açıda 0.45°'lik bir artışa sebep olabileceği için model bağımlı değişken üzerinde en yüksek ameliyat öncesi kifotik açı etkisi sergiledi.

Alt grup seviyesinde çoklu doğrusal regresyon analizinde kestirimci faktör olarak kırık seviyesine ameliyat öncesi açıyı eklemek hem AY hem de PKSF alt grupları için modelin açıklayıcı gücünü anlamlı derecede artırmadı. Anterior yaklaşım operasyonu hususunda bu sonuç vertebral gövdenin metal bir aygıt ile değiştirilmesi yoluyla açıklık kazanabilir.

Posteriyor tek-segment fiksasyonu alt grubu için al-

ternatif olarak, bağımlı değişken varyasyonunun %41'ini açıklayarak modelin açıklayıcılığı anlamlı olarak artış gösterdi. Bu durumda, ameliyat öncesi kifotik açı istatistiksel olarak anlamlı kestirimci bir faktördü. Bu çoklu doğrusal regresyon modelinde ameliyat öncesi kifotik açı sabit tutulduğunda L2–L3 seviyesine kıyasla sadece T11–L1 seyisinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar vardı. Ancak L4–L5 ve L2–L3 arasında son takip kifotik açı varyasyonu ile ilgili olarak anlamlı bir fark görülmedi.

Dolayısıyla, AY ve PKSf ile karşılaştırıldığında torakolomber patlama kırığının ameliyat öncesi kifotik açı PTF'de son takip kifoz oluşumunda daha belirleyici olduğu varsayılmaktadır.

Sonuç olarak, bütün regresyon modelleri son takip kifotik açı varyasyonu için az bir açıklayıcılığa sahipti. Bu yüzden, bu çalışmada göz önünde tutulan üç potansiyel olarak kestirimci değişken dışında diğer ilgili faktörlerin tanımlanması ve doğrulanması için daha fazla çalışma yapılmıştır.

Çıkar örtüşmesi: Çıkar örtüşmesi bulunmadığı belirtilmiştir.

Kaynaklar

- Verlaan JJ, Diekerhof CH, Buskens E, van der Tweel I, Verbout AJ, Dhert WJ, 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.
- Shen WJ, Liu TJ, Shen YS. Nonoperative treatment versus posterior fixation for thoracolumbar junction burst fractures without neurologic deficit. *Spine (Phila Pa 1976)* 2001;26:1038–45.
- Dai LY, Jiang SD, Wang XY, Jiang LS. A review of the management of thoracolumbar burst fractures. *Surg Neurol* 2007;67:221–31.
- Buchowski JM, Kuhns CA, Bridwell KH, Lenke LG. Surgical management of posttraumatic thoracolumbar kyphosis. *Spine J* 2008;8:666–77.
- Vaccaro AR, Silber JS. Post-traumatic spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)* 2001;26(24 Suppl):111–8.
- Aebi M, Etter C, Kehl T, Thalgot J. Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with the internal spinal skeletal fixation system. Indications, techniques, and first results of treatment. *Spine (Phila Pa 1976)* 1987;12:544–51.
- Prolo DJ, Oklund SA, Butcher M. Toward uniformity in evaluating results of lumbar spine operations: a paradigm supplied to PLIF. *Spine* 1986;11:601–6.
- Parker JW, Lane JR, Karaikovic EE, Gaines RW. Successful short-segment instrumentation and fusion for thoracolumbar spine fractures: a consecutive 41/2-year series. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000;25:1157–70.
- Wang XY, Dai LY, Xu HZ, Chi YL. Kyphosis recurrence after posterior short-segment fixation in thoracolumbar burst fractures. *J Neurosurg Spine* 2008;8:246–54.
- Benson DR, Burkus JK, Montesano PX, Sutherland TB, McLain RF. Unstable thoracolumbar and lumbar burst fractures treated with the AO fixateur interne. *J Spinal Disord* 1992;5:335–43.
- Wood K, Buttermann G, Mehdod A, Garvey T, Jhanjee R, Sechriest V. 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(5):773–81.
- Shi R, Liu H, Zhao X, Liu X, Gong Q, Li T, et al. Anterior single segmental decompression and fixation for Denis B type thoracolumbar burst fracture with neurological deficiency: thirty-four cases with average twenty-six month follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011;36:598–605.
- Xu JG, Zeng BF, Zhou W, Kong WQ, Fu YS, Zhao BZ, et al. Anterior Z-plate and titan mesh fixation for acute burst thoracolumbar fracture. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011;36:498–504.
- Shono Y, McAfee PC, Cunningham BW. Experimental study of thoracolumbar burst fractures. A radiographic and biomechanical analysis of anterior and posterior instrumentation systems. *Spine (Phila Pa 1976)* 1994;19:1711–22.
- Schultheiss M, Hartwig E, Kinzl L, Claes L, Wilke HJ. Thoracolumbar fracture stabilization: comparative biomechanical evaluation of a new video-assisted implantable system. *Eur Spine J* 2004;13:93–100.
- Kallemeier PM, Beaubien BP, Buttermann GR, Polga DJ, Wood KB. In vitro analysis of anterior and posterior fixation in an experimental unstable burst fracture model. *J Spinal Disord Tech* 2008;21:216–24.
- Flamme CH, Hurschler C, Heymann C, von der Heide N. Comparative biomechanical testing of anterior and posterior stabilization procedures. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;30:352–62.
- Eichholz KM, Hitchon PW, From A, Rubenbauer P, Nakamura S, Lim TH, et al. Biomechanical testing of anterior and posterior thoracolumbar instrumentation in the cadaveric spine. Invited submission from the Joint Section Meeting on Disorders of the Spine and Peripheral Nerves, March 2004. *J Neurosurg Spine* 2004;1:116–21.
- Wood KB, Bohn D, Mehdod A. Anterior versus posterior treatment of stable thoracolumbar burst fractures without neurologic deficit: a prospective, randomized study. *J Spinal Disord Tech* 2005;18 Suppl:15–23.
- Sasso RC, Renkens K, Hanson D, Reilly T, McGuire RA Jr, Best NM. Unstable thoracolumbar burst fractures: anterior-only versus short-segment posterior fixation. *J Spinal Disord Tech* 2006;19:242–8.
- White AA, Panjabi MM. Clinical biomechanics of the

- spine. 2nd ed. Philadelphia: J.B. Lippincott Company; 1990.
22. Al-Khalifa FK, Adjei N, Yee AJ, Finkelstein JA. Patterns of collapse in thoracolumbar burst fractures. *J Spinal Disord Tech* 2005;18:410–2.
 23. McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW. The load sharing classification of spine fractures. *Spine (Phila Pa 1976)* 1994;19:1741–4.
 24. Bailey CS, Urquhart JC, Dvorak MF, Nadeau M, Boyd MC, Thomas KC, et al. Orthosis versus no orthosis for the treatment of thoracolumbar burst fractures without neurologic injury: a multicenter prospective randomized equivalence trial. *Spine J* 2014;14:2557–64.
 25. Suzuki T, Abe E, Miyakoshi N, Murai H, Kobayashi T, Abe T, et al. Anterior Decompression and Shortening Reconstruction with a Titanium Mesh Cage through a Posterior Approach Alone for the Treatment of Lumbar Burst Fractures. *Asian Spine J* 2012;6:123–30.
 26. Sasaki M, Ozer AF. Single-stage posterior corpectomy and expandable cage placement for treatment of thoracic or lumbar burst fractures. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34:33–40.
 27. Haiyun Y, Rui G, Shuca D, Zhanhua J, Xiaolin Z, Xin L, et al. Three-column reconstruction through single posterior approach for the treatment of unstable thoracolumbar fracture. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35:295–302.
 28. Defino HL, Canto FR. Low thoracic and lumbar burst fractures: radiographic and functional outcomes. *Eur Spine J* 2007;16:1934–43.
 29. Ko SB, Lee SW. Result of posterior instrumentation without fusion in the management of thoracolumbar and lumbar unstable burst fracture. *J Spinal Disord Tech* 2014;27:189–95.
 30. Parker JW, Lane JR, Karaikovic EE, Gaines RW. Successful short-segment instrumentation and fusion for thoracolumbar spine fractures: a consecutive 41/2-year series. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000;25:1157–70.
 31. Gelb D, Ludwig S, Karp JE, Chung EH, Werner C, Kim T, et al. Successful treatment of thoracolumbar fractures with short-segment pedicle instrumentation. *J Spinal Disord Tech* 2010;23:293–301.
 32. Toyone T, Tanaka T, Kato D, Kaneyama R, Otsuka M. The treatment of acute thoracolumbar burst fractures with transpedicular intracorporeal hydroxyapatite grafting following indirect reduction and pedicle screw fixation: a prospective study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006;31:208–14.
 33. Defino HL, Scarpato P. Fractures of thoracolumbar spine: monosegmental fixation. *Injury* 2005;36 Suppl 2:90–7.
 34. Liu S, Li H, Liang C, Long H, Yu B, Chen B, et al. Monosegmental transpedicular fixation for selected patients with thoracolumbar burst fractures. *J Spinal Disord Tech* 2009;22:38–44.
 35. Shi J, Mei X, Liu J, Jiang W, Moral MZ, Ebraheim NA, et al. The influence of correction loss in thoracolumbar fractures treated by posterior instrumentation: a minimum 7-year follow-up. *J Clin Neurosci* 2011;18:500–3.
 36. Sasso RC, Best NM, Reilly TM, McGuire RA Jr. Anterior-only stabilization of three-column thoracolumbar injuries. *J Spinal Disord Tech* 2005;18 Suppl:7–14.
 37. An HS, Lim TH, You JW, Hong JH, Eck J, McGrady L. Biomechanical evaluation of anterior thoracolumbar spinal instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)* 1995;20:1979–83.
 38. Allain J. Anterior spine surgery in recent thoracolumbar fractures: An update. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011;97:541–54.
 39. McLain RF, Burkus JK, Benson DR. Segmental instrumentation for thoracic and thoracolumbar fractures: prospective analysis of construct survival and five-year follow-up. *Spine J* 2001;1:310–23.
 40. Panjabi MM, Oxland TR, Kifune M, Arand M, Wen L, Chen A. Validity of the three-column theory of thoracolumbar fractures. A biomechanic investigation. *Spine (Phila Pa 1976)* 1995;20:1122–7.
 41. Slosar PJ Jr, Patwardhan AG, Lorenz M, Havey R, Sartori M. Instability of the lumbar burst fracture and limitations of transpedicular instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)* 1995;20:1452–61.