

Derleme / Review

TORAKOLOMBER BİLEŞKE KIRIKLARINDA CERRAHİ TEDAVİ, ENDİKASYON, YAKLAŞIM VE SEGMENT SEÇİMİ

ENDICATIONS AND TREATMENT APPROACHS ON THORACOLUMBAR JUNCTIONAL FRACTURES, SURGICAL METHODS AND SEGMENT SELECTION

ÖZ

T10-L2 vertebralarını içeren bölge torakolomber bileşke olarak değerlendirilmekte olup tüm spinal segmentin en hareketli yerlerinden biridir. Mekanik ve fonksiyonel önemi nedeniyle bu bölgenin kırıklarında stabilite ve instabilitesinin değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Tedavide genel görüş stabil olan, nörolojik defisit yaratmayan, kifoz yada postür bozukluğuna yol açmayan kırıklarda konservatif tedavi; instabil olan, nörolojik defisit veya postür bozukluğuna yol açan fraktürlerinde ise cerrahi tedavi şeklindedir. Konservatif tedavide yaklaşım etkili ağrı yönetimi, torakolomber korse veya hiperekstansiyon korsesi ile yakın takipdir. Cerrahi tedavide ise son yıllardaki enstrümantasyon sistemlerinin gelişmesi ile birlikte en sık posterior yaklaşım ile stabilizasyon cerrahileri tercih edilmektedir. Ayrıca uygun hastalarda anterior ve anterior-posterior yaklaşımlar da uygulanabilmektedir. Hastanın işe dönüş süresinin uzaması, kalıcı deformite riski, ağrı yönetiminin iyi yapılamaması, enstrümantasyon sistemleri ile kifoplasti ve vertebroplasti gibi yöntemlerin gelişmesi, orteze uyumsuzluk hekimleri konservatif tedavi seçeneğinden uzaklaştıran faktörlerdir. Bunun yanında cerrahi tecrübe, erken ve geç dönem cerrahi komplikasyonlar, hasta fizyolojisi ve dinamiği nedeniyle altın standart tedavi yaklaşımı standardize edilememiştir.

Anahtar Sözcükler: Torakolomber bileşke kırığı, Torakolomber instabilite, Torakolomber konservatif tedavi, Torakolomber kırık cerrahisi

ABSTRACT

The section including T10-L2 vertebra is considered as thoracolumbar junction and is one of the most removable area. It is really important to evaluate stability and instability on this section because of it's mechanic and functional importance. For treatment; if the general view is stabile, conservative treatment is used for fractures which do not cause neurologic deficit, kyphoses or posture disorder. However; if the general view is instabile, surgical therapy is used for fractures that cause neurologic deficit or posture disorders. In conservative treatment, thoracolumbar binder or hyperextantion binder is recommended with effective pain management. In surgical therapy, thanks to the development of instrumentation systems in recent years, stabilization surgery is preferred with the most posterior view. Moreover ; anterior and anterior-posterior approaches can be used on suitable patients. Conservative treatment cannot be a choosable option because of many reasons; such as increasing the patients returning time to work, persistent deformity risk, failure in the pain management, orthosis incoordination and the development both on the instrumentation system, kyphoplasty and vertebroplasty methods. Besides that, surgical experiment, early or late surgical complications, golden standard treatment approaches related to patients physiology and dynamic are not standardized.

Keywords: Thoracolumbar junction fracture, Thoracolumbar instability, Thoracolumbar conservative treatment, Thoracolumbar fracture surgery

GİRİŞ

Torakolomber bileşke kırıkları (TLBK) T10-T11-T12-L1-L2 vertebralarnı içeren kırıklardır. Torakolomber bileşke (TLB) kostalar ile kısmen stabilenmiş hareket olanağı az, rijit bir alan olan torakal bölgeden, hareket olanağı daha fazla olan lomber bölgeye geçiş özelliğı gösterir. Bu sebepten dolayı gerek patolojik gerekse travmatik kırıklar bu bölgede fazlaca görülür. Omurga kırıkları tüm kırıkların %4-23'ünü oluştururken tüm omurga kırıklarının %10-20'si TLBK'lardır (22,25). TLBK'nın %25'inde başka vertebralarda kırık saptanabilir, %15 oranında nörolojik defisit eşlik edebilir ve takiplerde kifotik deformiteye neden olabilir (6). TLBK'larda batın içi organ ve akciğer zedelenme ihtimali oldukça yüksektir. Bundan dolayı kırığın oluş mekanizması ve hasta yönetimi oldukça önemlidir. TLBK'da stabilize/instabilite'nin değerlendirilmesi tedavi yaklaşımını belirlemesi açısından önemlidir. Spinal kordun TLB'de sonlanması ve kauda equina liflerinin spinal kanalı doldurması nedeniyle bu bölge kırıklarında nörolojik defisitler sık görülmektedir (2). TLBK gençlerde genellikle yüksek enerjili araç kazaları ve yüksekten düşme sonucu görülürken, yaşlı hastalarda sıklıkla osteoporozla bağlı düşük enerjili kazalarda görülür (5).

ENDİKASYON VE TEDAVİ SEÇİMİ

Torakolomber bölge toraks ve batının geçiş kavşağı olduğundan mortalite ve morbidite gelişme ihtimali oldukça yüksektir. Bu nedenle hasta yönetimi ve tedavi seçeneklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. TLBK ilk olarak 1938'de Watson-Jones tarafından sınıflandırılmıştır (31). Chance kırığı olarak bilinen fleksiyon hareketine bağlı kama vertebra oluşması ve posterior elemanların hasarını gösteren kırıkların sınıflaması 1948 yılında yapılmıştır (8). Holdsworth 1970'de, vertebra korpusunun arka duvarında olan kırıkları sınıflamıştır (ikili kolon). 1983'de Denis'in üçlü kolon teorisi tanımlanmıştır. Anterior kolon; vertebra korpusunun 2/3 ön kısmı, orta kolon; vertebra korpusunun arka 1/3'ü, posterior kolon ise pedikül, lamina ve spinöz prosesleri içine almaktadır. Orta kolon dışında sadece anterior ve posterior kolonda kırık var ise stabil, bu kırıklarla beraber orta kolon kırığı da varsa instabil olarak değerlendirilir (11,23). McAfee ve ark, 1984'de Ferguson ve Allen, 1994'de Magerl ve ark. üç kolon, nörolojik defisitleri içine alan sınıflama yapmışlar fakat çalışmanın geçerliliğı kanıtlanamamış ve kabul görmemiştir. 2013'de Vaccaro,

Magerl ve ark. Torakolomber Yaralanma Sınıflandırma Skorlaması (TLICS)'i düzenleyerek AOSpine TLBK sınıflamasını (TLAOSIS) yayınlamıştır (30). Bu sınıflamada; kompresyon kırığı (Tip A), tansiyon bandı yaralanmaları (Tip B), translasyonel yaralanmalar (Tip C) olarak ayrılır.

TLAOSIS skoru 4'ün altındakilere konservatif, 4-5 arasındakilere hasta ve cerrahın tercihinine göre, 5'in üstü olanlara cerrahi tedavi önerilmektedir (Tablo 1) (12, 26).

TLICS'e benzer şekilde, hastanın nörolojik durumu ve hastaya özgü iki niteleyici sınıflandırmaya dahil edilmiştir (Tablo 2) (12). Kepler ve ark. araştırmalarında, TLAOSIS sınıflandırması için gözlemciler arası güvenilirlik ($\kappa=0,74$) ve üç kırık tipi için mükemmel gözlemci içi güvenilirlik ($\kappa=0,81$) oranlarını bularak, bu sınıflamanın geçerliliğini kanıtlamışlardır (15).

Nörolojik defisitini eşlik ettiği TLBK'larda bazı çalışmalarda mutlak cerrahi önerilmemiştir (21). Buna rağmen genel kabul gören yaklaşım mümkün olan en kısa sürede cerrahi yaklaşımdır. Direkt grafilerde vertebra korpusunda %50'den fazla çökmesi, 30-35 derece açılanması posterior kompleks hasarı olduğunun göstergesi olup instabil kabul edilir (4). Bilgisayarlı tomografi'de (BT) yine korpus yüksekliğı, anterior ve posterior kemik yapıların değerlendirilmesi ve fasetlerin durumu hakkında önemli bilgiler vermektedir ve sınıflamada yardımcıdır (30). Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ligaman disk gibi yumuşak dokular, posterior kompleksin durumu ve nöronal bası hakkında en fazla bilgi veren görüntüleme yöntemidir. MRG T2 STIR sekansında posterior komplekste hiperintensite görünümü hasarın akut göstergesi olarak yorumlanır (21).

Tedavi yaklaşımında genel görüş stabil olan, ağrı yönetimi yapılabilen TLBK'larda konservatif tedavi iken; ilerleyici nörolojik defisiti olan, deformitede hızlı ilerleyişi ve instabilitesi olan vertebra fraktürlerinde ise cerrahi tedavidir. TLB cerrahilerinde nöral yapıları dekomprese etme, nörolojik fonksiyonları koruma ve geliştirme, spinal deformitenin düzeltilmesi, vertebra yüksekliğinin sağlanması, angular deformiteyi düzeltme, ağrıyı ve daha sonra oluşabilecek deformiteleri azaltma, anatomik yapıyı koruma, stabilizasyonu sağlama, erken mobilizasyon ve rehabilitasyonu sağlama, hastanın hayatındaki değişiklikleri en aza indirme amaçlanmaktadır (2,13). Kısmi veya tam nörolojik defisiti olan hastalara mümkün olan en erken sürede cerrahi girişim yapılmalıdır (17). Nöral elemanlar

Tablo 1. Aospine torakolomber yaralanma sınıflandırma skorlaması (12)

Alt grup	Tanım	TLAOSIS
Tip A-kompresyon kırıkları		
A0	Omurganın yapısal bütünlüğünü bozmayan yaralanma (spinöz veya transvers çıkıntı kırığı)	0
A1	Arka duvarı etkilemeyen tek bir uç plağı tutan kırık	1
A2	Arka duvarı etkilemeyen ve her iki uç plağı tutan kırık	2
A3	Arka duvarı tutan ve tek bir uç plağı tutan kırık (inkomplet burst)	3
A4	Arka duvarı tutan ve her iki uç plağı tutan kırık (komplet burst)	5
Tip B-tansiyon bandı yaralanmaları		
B1	Komplet kemiksel tansiyon bandı yaralanması (kemiksel chance kırığı)	5
B2	Posterior tansiyon bandı yaralanması	6
B3	Anterior tansiyon bandı yaralanması	7
Tip C-translasyonel yaralanmalar		
C	Vertebral cismin translasyonuna neden olan yaralanma	8

Tablo 2. AOspine torakolomber yaralanma sınıflandırma skorlaması durum ve niteleyicileri (12)

Alt grup	Tanım	TLAOSIS
Nörolojik durum		
N0	Nörolojik yaralanma yok	0
N1	İyileşmiş geçici nörolojik yaralanma	1
N2	Sinir kökü hasarı	2
N3	İnkomplet spinal kord veya kauda ekina sendromu	4
N4	Komplet spinal kord yaralanması	4
Nx	Güvenilir nörolojik muayene mümkün değil	3
Hastaya özgü niteleyiciler		
M1	PLK bütünlüğü net değil	1
M2	Hastaya özgü tedaviyi etkileyecek durumlar (örn; ankilozan spondilit)	0

ne kadar erken sürede dekompresyon edilirse nörolojik olarak iyileşme ihtimali o kadar artar. Total nörolojik defisiti olan veya hiçbir nörolojik defisiti olmayan hastalar, gerekli hazırlıklar tamamlandıktan sonra en erken sürede opere edilmelidir. Çünkü erken cerrahi müdahale hastanede kalış süresini kısaltmaktadır (18).

Konservatif tedavi; analjezik antienflamatuarlar, kas gevşeticiler ve ortezler ile yapılmaktadır. Ortezler; torakolomber ortezler, Jewett brace (tek düzlemde hareketi kısıtlayan), çoklu düzlemde hareketi kısıtlayan (özel tasarımlı ortezler), hiper ekstansiyon korsesi vb.dir. Literatürde stabil TLBK'larda konservatif tedavi ile cerrahi tedavi sonuçları arasında benzerlik mevcuttur (24). Güvenilirliği yüksek bazı çalışmalarda konservatif

tedavi ile cerrahi tedavi arasında nörolojik defisit oluşma oranları arasında fark bulunmadığı ifade edilmiştir. Buna rağmen yaygın görüş spinal dekompresyonun nörolojik defisit oluşmasını engelleyeceği yönündedir. Ortezleri hastaların uzun süre kullanması gerekmekte olup uyum sürecinde zorluk yaşanmaktadır (24). Bu da tedavi başarısını etkilemektedir. Fakat bazı çalışmalarda konservatif tedavide, radyografik olarak kifoz açısında artma olmasına rağmen, ağrı ve fonksiyon skorları iyi olarak bulunmuştur (1).

CERRAHİ YÖNTEMLER VE SEGMENT SEÇİMİ

TLBK'larda cerrahi yöntemler posterior, anterior ve anterioposterior olarak üç gruba ayrılır;

Anterior yaklaşım: Hastalarda posterior dekompresyonla yeterince dekompresyon sağlanamıyorsa ve posterior enstrümantasyonun yetersiz kalacağı düşünülen durumlarda bu yaklaşım tercih edilebilir. Bu yaklaşım göreceli zor olup ciddi tecrübe gerektirmektedir. Anterior yaklaşım ön kolonun stabilizasyonunda ve spinal kordun dekompresyonunda oldukça başarılı bir yöntemdir (9). McDonough ve ark, anterior korpektomi ve plak uygulaması ile füzyon yapılan hastaların sonuçlarının başarılı olduğunu yayınlamışlardır (20). Bazı çalışmalarda anterior yaklaşımın deformiteyi daha iyi düzelttiği ve stabilitenin sağlanmasında daha iyi olduğu bildirilmiştir (14). Anterior yaklaşımdan sonra hastanın uzun süre torakolomber ortez kullanması gerekmektedir. Fakat komşu organ zedelenme sıklığı, multidisipliner ekip gerekebileceği ve diğer komplikasyonların görülme oranı daha fazla olduğundan pek tercih edilmez (16).

Posterior yaklaşım: Son yıllarda implant teknolojisi ilerlediğinden genelde tercih edilen yaklaşımdır ve 360 derece dekompresyon imkânı sağlamaktadır. Posterior enstrümantasyon sonrası total laminektomi ile dekompresyon ve ligamentotaksi ile korpusun kırık parçasının korda bası yapan kısımları yerine yerleştirilebilir. Aynı zamanda posterior kolon rezeksiyonu ile kırık parça posteriolateralden çıkartılabilir ve yeterli dekompresyon imkânı sağlanır (24).

Anterior posterior (kombine) yaklaşım: Vertebranın ön ve arka kolon stabilizasyonunun sağlanmasında, sagittal ve koronal dengenin sağlanmasında ve uzun dönem füzyon açısından başarılı bir yöntemdir (32). Bazı biyomekanik çalışmalarda TLBK'da anterior stabilizasyonun yetersiz kaldığı ve posterior stabilizasyon ile desteklenmesi gerektiği belirtilmiştir (28). Fakat bu yaklaşımında pür anterior yaklaşım gibi komplikasyon oranının fazla olduğu görülmektedir (24). Bazı yayınlarda torakoskopik yaklaşımla anterior dekompresyon ve füzyonla beraber posterior stabilizasyonun komplikasyon oranının daha az olduğu ve yüksek oranda kemik füzyon sağladığı bildirilmektedir (19). Literatürde kombine yaklaşımda posterior yaklaşıma göre daha fazla komplikasyonla karşılaşılacağı bildirilmiştir (27).

Günümüzde posterior yaklaşımda, birçok nöroşirürjiyenin sıklıkla kullandığı ve aşına olduğu yöntem olan transpediküler vidalama yöntemi kullanılmaktadır. İnterspinöz ve sublaminar telleme, distraksiyon çubuk ve sublaminar kancalar artık oldukça nadir tercih edilen yöntemlerdir. Transpediküler vida ile fiksasyon yönteminde, pedikül-

den konulan vida segmental fiksasyona izin verir ve üç kolonu da stabilize eder ve spinal dizilimin sağlanması ve korunmasında etkindir. Ayrıca TLBK'da kifoz gelişme riski olduğundan, kifozun düzeltilmesi nörolojik ve morfolojik iyileşme için önemli bir yöntemdir (23). Postop erken dönemde hasta mobilizasyonunu sağlar. Anterior ve orta kolonda ciddi hasar yoksa füzyon oranı oldukça yüksektir. Füzyon yapılacak segmentin üst ve alt kısımlarında iatrojenik hasarlanmalara neden olmamak için, faset eklem hasarlanmasına özen gösterilmelidir (15).

Posterior yaklaşımda uzun segment veya kısa segment yaklaşımları hâlen tartışmalı bir konudur. Kısa segment pedikül vidası kırık vertebranın bir alt ve bir üst pedikülüne vida yerleştirilmesi demektir. Kısa segment stabilizasyon yöntemi füzyon, fleksiyon ve distraksiyon travmalarında önerilir (16). Kısa segment stabilizasyonda hareketli segmentin fazla olması başlangıçta olumlu sonuçları olsa da, bazı araştırmacılar geç dönemde enstrümantasyon yetmezliğinin %20-50 arasında olduğunu bildirmişlerdir (9,29). Uzun segment stabilizasyonda hareketli segment daha azdır; fakat stabilite ve sagittal dengenin korunması sağlanmaktadır (9). AO sınıflamasında, A3 ve B2 tip kırıklarda kırığa kifoplasti, pedikül vidası ve posterior stabilizasyon stabiliteyi daha iyi sağladığını belirten yayınlar mevcuttur (7). Kısa ve uzun segment stabilizasyonun da kırık bölgesine balon kifoplasti uygulamasının segmental kifozu ve omurga gövdesi yüksekliğini eşit derecede düzelttiği bildirilmiştir. TLBK'larda kırık vertebraya pedikül vidası ve kısa segment posterior stabilizasyon ile, uzun segment posterior stabilizasyon arasında radyolojik açıdan benzer sonuçlar bildirilmiştir (10).

SONUÇ

TLBK'lar sıklıkla spinal kord zedelenmesi ile birliktelik gösteren oldukça sık görülen vertebra fraktürleridir. Bu sebepten kırığın stabilitesinin değerlendirilmesi, kırığın sınıflandırılması, hasta seçimi ve tedavi algoritması oldukça önemlidir. %50'den fazla spinal kanal işgali, nörolojik defisit, kifoz açısının 30 derecenin üzerinde olması, %50'den fazla korpus yükseklik kaybı ve MRG'de posterior ligaman hasarının görülmesi instabiliteyi düşündürmelidir. TLBK'nın instabilitesi de bizleri cerrahi yaklaşımlara yönlendirmektedir. Genel kanı, stabil vertebra fraktürlerinde konservatif tedavidir fakat ağrı yönetiminin iyi yapılamaması, işe dönüş süresinin uzaması, enstrümantasyon sistemlerinin gelişmesi, ortez uyum, komplikasyonlar, cerrahın tecrübesi konservatif

tedavi seçeneğinden uzaklaştırmaktadır. Fakat yine de TLB'ye cerrahi yaklaşımlar konusunda henüz net bir bilgi yoktur.

KAYNAKLAR

1. Akesen B, Özyalçın A: Torakolomber omurga kırıklarında konservatif yaklaşımlar. *TOTBİD Dergisi* 17:554-559, 2018
2. Altun İ: Nöroşirürji Yeterlik Sınavına Hazırlık, cilt 2, bölüm 32, İzmir: US Akademi, 2016
3. aos_injury_classification_pocket_card_thoracolumbar.pdf (aofoundation.org).
4. 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* 5(3):335-343, 1992
5. Byung-Guk K, Jin-Myoung D, Dong-Eun S: Treatment of torakolumbar fraktüre. *Asian Spine J* 9(1):133-146, 2015
6. Calenoff L, Chessare JW, Roger LF, Toerge J, Rosen JS: Multiple level spinal injuries: Importance of early recognition. *AJR Am J Roentgenol* 130(4):665-669, 1978
7. Chen C, Lv G, Xu B, Zhang X, Ma X: Posterior short-segment instrumentation and limited segmental decompression supplemented with vertebroplasty with calcium sulphate and intermediate screws for thoracolumbar burst fractures. *Eur Spine J* 23(7):1548-1557, 2014
8. Chance GQ: Note on a type of flexion fracture of the spine. *Br J Radiol* 21(249):452-453, 1948
9. Chen ZQ, Xie JT, Gu XM, Xie GS, Hu DP, Wang R, Lu JM: Posterior short-segment pedicle screw fixation combined with vertebroplasty for the treatment of thoracolumbar burst fractures. *Zhongguo Gu Shang* 23:102-106, 2010
10. Çetin E, Öner A: Torakolomber kırıklarda kırık omurgaya vida yerleştirilerek uygulanan kısa segment posterior pedikül vidası tespiti ile uzun segment tespitin karşılaştırılması. *J Acad Res Med* 10(1):32-35, 2020
11. Denis F: The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine (Phila Pa 1976)* 8(8):817-831, 1983
12. Erkan S: Torakolomber omurga kırıklarında güncel sınıflandırmalar. *TOTBİD Dergisi* 17:534-538, 2018
13. Gui Jun Xu, Zhi Jun Li, Jian Ma, Tao Zhang, Xin Fu, Xin Long Ma: Anterior versus posterior approach for treatment of torakolumbar burst fractures: ameta-analysis. *Eur Spine J* 22:2176-2183, 2013
14. Hitchon PW, Torner J, Eichholz KM, Beeler SN: Comparison of anterolateral and posterior approaches in the management of thoracolumbar burst fractures. *J Neurosurg Spine* 5(2):117-125, 2006
15. Kepler C, Vaccaro A, Koerner J, Dvorak MF, Kandziora F, Rajasekaran S, Aarabi B, Vialle LR, Fehlings MG, Schroeder GD, Reinhold M, Schnake KJ, Bellabarba C, Öner FC: Reliability analysis of the AOSpine thoracolumbar spine injury classification system by a worldwide group of native spinal surgeons. *Eur Spine J* 25(4):1082-1086, 2016
16. Kim BG, Dan JM, Shin DE: Treatment of thoracolumbar fracture. *Asian Spine J* 9(1):133-146, 2015
17. Koç RK: Torakolomber Spinal Travmalar ve Cerrahisi. *Temel Nöroşirürji, Cilt 2, Ankara: Türk Nöroşirürji Derneği Yayınları, 2010:1703-1722*
18. Redcliff K, Limthongkul W, Gruskay J, Sidhu G, Miller L: Surgical planning for the treatment of thoracolumbar fractures: Anterior, posterior or combined approach? *Semin Spine Surg* 24:244-251, 2012
19. Lindtner RA, Mueller M, Schmid R, Spicher A, Zegg M, Kammerlander C, Krappinger D: Monosegmental anterior column reconstruction using an expandable vertebral body replacement device in combined posterior-anterior stabilization of thoracolumbar burst fractures. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 138:939-951, 2018
20. McDonough PW, Davis R, Tribus C, Zdeblick TA: The management of acute thoracolumbar burst fractures with anterior corpectomy and Z-plate fixation. *Spine (Phila Pa 1976)* 29:1901-1908, 2004
21. Moller A, Hasserius R, Redlund-Johnell I, Ohlin A, Karlsson MK: Nonoperatively treated burst fractures of the thoracic and lumbar spine in adults: A 23- to 41-year follow-up. *Spine J* 7(6):701-707, 2007
22. Oliver M, Inaba K, Tang A, Branco BC, Barmparas G, Schnüriger B, Lustenberger T, Demetriades D: The changing epidemiology of spinal trauma: A 13-year review from a Level I trauma centre. *Injury* 43(8):1296-300, 2012
23. Patel AA, Vaccaro AR: Thoracolumbar spine trauma classification. *J Am Acad Orthop Surg* 18(2):63-71, 2010
24. Paşahan R, Doğan Ş: Torakolomber bileşke kırıklarına yaklaşım. *Türk Nöroşir Derg* 30(3):428-431, 2020
25. Ray WZ, Krisht KM, Dailey AT, Schmidt MH: Clinical outcomes of unstable thoracolumbar junction burst fractures: Combined posterior short-segment correction followed by thoracoscopic corpectomy and fusion. *Acta Neurochir (Wien)* 155(7):1179-1186, 2013

26. Schroeder GD, Harrop JS, Vaccaro AR: Thoracolumbar trauma classification. *Neurosurg Clin N Am* 28(1):23-29, 2017
27. Scholz M, Kandziora F, Tschauder T, Kremer M, Pingel A: Prospective randomized controlled comparison of posterior vs. posterior-anterior stabilization of thoracolumbar incomplete cranial burst fractures in neurological intact patients: The RASPUTHINE Pilot Study. *Eur Spine J* 27(12):3016-3024, 2018
28. Schreiber U, Bence T, Grupp T, Steinhäuser E, Muckley T, Mittelmeier W, Beisse R: Is a single anterolateral screwplate fixation sufficient for the treatment of spinal fractures in the thoracolumbar junction? A biomechanical in vitro investigation. *Eur Spine J* 14:197-204, 2005
29. Tofuku K, Koga H, Ijiri K, Ishidou Y, Yamamoto T, Zenmyo M, Yone K, Komiyama S: Combined posterior and delayed staged mini-open anterior short-segment fusion for thoracolumbar burst fractures. *J Spinal Disord Tech* 25:38-46, 2012
30. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, Dvorak M, Schnake K, Bellabarba C, Reinhold M, Aarabi B, Kandziora F, Chapman J, Shanmuganathan R, Fehlings M, Vialle L: AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: Fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)* 38(23):2028-2037, 2013
31. Watson-Jones R: The results of postural reduction of fractures of the spine. *J Bone Joint Surg Am* 20(3):567-586, 1938
32. Wilke HJ, Kemmerich V, Claes LE, Arand M: Combined anteroposterior spinal fixation provides superior stabilisation to a single anterior or posterior procedure. *J Bone Joint Surg Br* 83:609-617, 2001