

NORMAL BİREYLERDE NÖTRAL VE HİPERFLEKSİYON POZİSYONLARINDA TORAKOLOMBER BÖLGE İNTERSPİNÖZ MESAFENİN DEĞERLENDİRİLMESİ

THE EVALUATION OF THE THORACOLUMBAR REGION INTERSPINOUS DISTANCE IN THE NEUTRAL AND HIPERFLEXION POSITIONS IN THE NORMAL INDIVIDUALS

Berk GÜÇLÜ*, İ. Teoman BENLİ**, Alper KAYA*, Doğaç KARAGÜVEN***, Murat KÖKEN***

ÖZET:

Vertebra kırıklarının en sık görüldüğü bölge torakolomber bölge olup, bu bölge kırıklarının en önemli komplikasyonu nörolojik defisit ve spinal instabilitedir. Bu iki komplikasyon cerrahi tedavi konusundaki en önemli endikasyonları oluşturmaktadır. Son yıllarda Spinal Travma Grubunun geliştirdiği sınıflama, "Torakolomber Yaralanmaları Sınıflama ve Skorlama Sistemi" (TLICS), spinal instabilite kavramının halen tartışmalı olduğu günümüzde, cerrahiye karar vermede önemli bir kolaylık sağlayan rehber olmak niteliğindedir. Ancak, sınıflamada posterior ligamentöz kompleks (PLC) ile ilgili tanımlamalar nitel bir değerlendirmeyi içermektedir. Bu çalışmada PLC sağlam iken, yani normal bir bireyde nötral pozisyonda interspinöz mesafenin (ISD) ne olduğu ve hiperfleksiyonda yani ISD maksimum büyüklüğe ulaşmışken saptanan değerlerin

belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 20-40 yaş arası daha önce hiçbir travma geçirmeyen ve vertebral hastalığı veya herhangi bir nedenle spinal cerrahi geçirmemiş sağlıklı 40 gönüllü erkek bireyde radyolojik olarak T11-T12 ve T12-L1 omurların interspinöz mesafeleri ölçülmüştür. Hasta evreninin yaş, kilo, boy ve ölçülen aralıklar açısından istatistikî olarak homojen olduğu saptanmıştır. T11-T12 ve T12-L1 arası mesafelerin nötralde sırasıyla ortalama 11.7 ± 1.7 mm ve 12.7 ± 1.5 mm olduğu ve hiperfleksiyonda ortalama sırasıyla $\% 26.5 \pm 15.0$ ve $\% 24.4 \pm 16.6$ arttığı belirlenmiştir. Hiperfleksiyonda her iki seviyede oluşan değişimin istatistikî olarak anlamlı olduğu ($p < 0.05$) buna karşın değişim yüzdelerinin istatistikî olarak benzer olduğu belirlenmiştir ($p > 0.05$). Interspinöz mesafenin artışı T11-T12 ve T12-L1 arasında sırasıyla maksimum 5 mm ve 4.9 mm olduğu saptanmış

(*) Yard. Doç. Dr., Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Ankara.

(**) Prof. Dr., Ortopedi ve Travmatoloji Uzmanı, Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Ankara.

(***) Araştırma Görevlisi, Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Ankara.

ve bu bölge kırıklarının en sık görüldüğü yaş grubundaki normal bireylerde, bu seviyelerdeki interspinöz mesafe değerlerinin, saptanan bu değerlerin altında olduğunda PLC'nin intakt olduğu ve skorun sıfır olarak alınabileceği sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak bu çalışmanın verilerine göre vertebra kırıklarının büyük kısmının görüldüğü torakolomber bölgede, son yıllarda geçerlilik ve güvenilirlik çalışmaları da yapılan TLICS sisteminde, PLC'nin sağlam olup olmadığının değerlendirilmesinde önemli basamaklardan biri için kalitatif bir değerlendirme yerine kantitatif bir ölçüm ile sonuca gitmenin mümkün olabileceği fikri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Torakolomber omurga kırıkları, sınıflama, cerrahi tedavi, TLICS

Kanıt Düzeyi: Düzey II, prospektif tanısal kohort çalışma

SUMMARY:

The most important complications of the thoracolumbar fractures that are most frequent seen fractures of the vertebrae are neurological deficit and spinal instability. These two complications compose most important surgical indications. Recent years, the classification "Thoracolumbar Injury Classification and Scoring system (TLICS)" that developed by Spinal Trauma Group is a guide for decision making for surgery, while controversy continues in the spinal instability concept. But, descriptions about posterior ligamentous complex (PLC) have qualitative evaluations in this classification system. The aim of this study is to distinguish the interspinous distance (ISD) values both in neutral position in PLC intact healthy persons, and in hyperflexion that means ISD reaches

maximum value. For this reason, ISD between T11-T12-L1 spinous process measured with radiology images in 20-40 years old 40 healthy volunteer males who did not have any trauma, spinal disorder or spinal surgery history. Patient demographics were determined homogeneous in age, weight, length and measured distances. Distances in neutral position between T11-T12 and T12-L1 were measured 11.7 ± 1.7 mm and 12.7 ± 1.5 mm, respectively, and values increased mean 26.5 ± 15.0 % and 24.4 ± 16.6 %, respectively in hyperflexion. The difference between in both two levels were statistically significant ($p < 0.05$) while the percentages of differences found statistically similar ($p > 0.05$). The difference of interspinous distance between T11-T12 and T12-L1 was found 5 mm and 4.9 mm, respectively. In healthy patients who are in the average age of the most common ages of the vertebral fractures occur, if the interspinous distance values in these levels are smaller than the appointed values, it can be said that the PLC is intact and the score can be taken as zero. According to the data of this study it was concluded that, in the thoracolumbar region that is most common site of the vertebral fractures, in the TLICS system that validity and reliability studies done in recent years, determination of the integrity of the PLC in one of the important steps, with quantitative measurement instead of qualitative analyses can be done for decision making.

Key words: Thoracolumbar spinal fractures, classification, surgical treatments, TLICS

Level of evidence: Level II, prospective diagnostic cohort study

GİRİŞ:

Vertebra kırıklarının büyük kısmı torakolomber bölgede ve 20-40 yaş arası erkeklerde ortaya çıkmaktadır ^(2,7,10). Yüksekten düşme, trafik ve iş kazalarının önemli etiyolojik faktör olduğu bu bölge kırıkları, bu nedenle omurga cerrahisi içinde önemli bir araştırma alanı olarak görülmüştür ^(1,10). Son yıllarda torakolomber bölgenin biyomekanik ve anatomomorfolojik özelliklerinin daha iyi anlaşılması ve bu bölge kırıklarının kısa ve uzun dönem konservatif ve cerrahi sonuçlarını içeren birçok çalışma yapılmasına karşın, özellikle tedavi metodunun seçimi, tedaviyi yönlendiren ve prognostik bir sınıflamanın yapılması halen tartışmalıdır ^(2,7,18).

Torakolomber kırıklarda önerilen ilk sınıflandırma 1929 yılında Böhler ve arkadaşları tarafından yapılmıştır ⁽²⁾. Nicoll ve arkadaşları ise ilk kez kolon modelinden bahsetmişler ve kolonların yaralanma başlangıcında ve stabilitede oynadığı rollerden söz etmişlerdir ⁽¹⁹⁾. 1960'larda ise Holdsworth ve arkadaşları, torakolomber omurga yaralanmalarda, 2 kolonlu anatomik sınıflandırma sistemini ortaya atmışlardır ⁽¹²⁾. Bu sınıflama sistemine göre posterior longitudinal ligamentin önünde kalan tüm yapılar, ön kolonu oluşturmakta ve kompresif (sıkıştıran) yüklere karşı destek görevi görmektedir. Arka kolonun ise (tensil) gerilme kuvvetlerine karşı direnç gösterdiği düşünülmüştür. Tüm bu görüşler hem yandaş hem de karşıt görüşler bulmuştur ^(2,7).

Torakolomber bölge omurga kırıkları için en geniş kullanım bulan sınıflama, Denis ve arkadaşları tarafından geliştirilen sınıflamadır ^(5,10). Bilgisayarlı tomografinin yaygın kullanımı ile beraber, bu sınıflamada orta kolonun önemi üzerinde durulmuştur. Denis sınıflandırılmasında, özellikle orta kolonunda içinde yer aldığı iki kolonda hasar olması

durumunda cerrahi tedavinin gerekli olduğu ileri sürülmüştür. Bu sistem içerisinde, 4 kırık tipi ve 20'den fazla alt tip belirlenmiştir. Denis, nöral ve spinal instabilite kavramlarını da daha belirginleştirmiş ve cerrahi tedavide en önemli endikasyonun bu iki instabilite durumu olduğunu ileri sürmüştür. Ayrıca, üç ligamentin (posterior longitudinal ligament, anterior longitudinal ligament ve ligamentum flavum ile posterior ligamentöz kompleksin) tanımladığı üç kolona ilaveten spinal instabilite açısından çok önemli olduğunu, her bir kolon ve ligamentin hasarı için bir puan verildiği bir skorlamada, 3 ve üzeri puan olduğunda spinal instabiliteden söz edilebileceği ve cerrahi stabilizasyon gerektiğini de yayınlamıştır ^(2,5,7,10).

Denis sınıflaması ve cerrahi endikasyon kriterleri tüm dünyada geniş kullanım alanı bulmuştur. Instabilite konusundaki Denis'in yargıları, White ve Panjabi'nin çalışmalarıyla da desteklenmiştir ⁽²⁾.

Ferguson ve Allen, omurganın kolon yapısına benzetilmesine karşı çıkmışlardır. Torakolomber bölgenin biyomekanik ve anatomik olarak kolona benzetilmesinden ziyade yaralanma olan bölgedeki elemanları içeren mekanik sınıflama oluşturmuşlardır. Ferguson ve Allen sınıflamasında, sonradan torakolomber kırıklar alt gruplara ayrılmıştır: kompresif fleksiyon, distraktif fleksiyon, lateral fleksiyon, translasyon, torsiyonel fleksiyon, vertikal kompresyon, distraktif ekstansiyon ve izole minör kırıklar olarak ele alınmıştır ⁽⁸⁾. McAfee ve arkadaşları ise bilgisayarlı tomografiye dayanarak Denis'in 3 kolon teorisi ve White ve Panjabi'nin omurga biyomekaniği çalışmalarını birleştirerek mekanik sınıflandırma yapmışlardır ⁽¹⁷⁾. Son olarak Magerl ve arkadaşları, torakolomber bölge kırıkları için AO sınıflamasını yapmışlar ve 53 alt grup içeren bu sınıflama kırığın ciddiyeti ve

instabilite kavramlarını içermesine karşın, kompleks ve akılda kalıcı bir sınıflama olmadığı için geniş kullanım alanı bulamamıştır ⁽¹⁶⁾.

Torakolomber omurga yaralanmalarında % 10-38 oranında nörolojik hasar mevcuttur ^(7,10). Günümüze değin yapılan tüm sınıflamalarda, nörolojik durum ve kırık ilişkisinden hiç söz edilmemiştir. Sadece White ve Panjabi'nin sisteminde stabil ve anstabil karşılaştırması sırasında kauda ekina yaralanmasından bahsedilmektedir. Ayrıca ek yaralanmalar (örneğin; ön kolon yaralanması, kök yaralanmaları ve PLC yaralanması gibi) ele alınmamıştır. Diğer taraftan cerrahi tedavi için en önemli kriter olarak kullanılan spinal instabilite kavramı, halen tartışmalı olup, tam olarak neyi ifade ettiği ve nasıl değerlendirileceği konusu da netlik kazanmış değildir.

Son birkaç on yıldır, özellikle modern 3. jenerasyon enstrümantasyon sistemlerinin kullanıma girmesiyle, torakolomber vertebra kırıklarının cerrahi olarak stabilize edilme oranları önemli ölçüde artmıştır ⁽⁷⁾.

Enstrümantasyonla özellikle posteriordan fiksasyonu ve füzyon yapılan hastalara ait başarılı cerrahi sonuçları içeren birçok çalışma yayınlanmıştır ^(2,7,10). Buna karşın konservatif tedavinin ateşli savunucuları da, giderek artan cerrahi endikasyon sınırları için ciddi bir muhalefet geliştirmişlerdir.

Geliştirilen sistemlerin bolluğu ve kompleks yapıları, instabilite kavramı konusundaki karmaşanın devam etmesi ve nörolojik durumun hiçbir sistemde yer almaması, torakolomber omurga kırıkları konusunda yeni bir sınıflamaya ihtiyaç doğurmuş ve "Omurga Travma Grubu" bu ayrıntıları içeren ve oldukça basit, geleneksel radyografik ve bilgisayarlı tomografi görüntülerine dayanan "Torakolumbar Yaralanma Sınıflama ve Skorlama Sistemi" (TLICS) adı verilen sistemi geliştirmişlerdir (Tablo-1) ^(3-4,14-15,20-29). Bu sistem, klinisyene cerrahi veya cerrahi dışı tedavi yöntemleri hakkında yol gösteren mantıksal, güvenilir, kolaylıkla iletişim kurulabilecek bir sistem olup, son yıllarda güvenilirlik ve geçerlilik testleri de tamamlanmıştır ⁽²⁰⁻²⁹⁾.

Tablo-1. Torakolomber bölge kırıkları için TLICS sınıflaması

1. Yaralanma mekanizması (Yaralanmanın en ciddi olduğu seviyedeki)

a. Kompresyon:

Basit kompresyon -1

Lateral açılanma 15° üzeri -1

Patlama-1

b. Translasyonel / rotasyonel -3

c. Distraksiyon-4

2. PLC hasarı (tansiyon, rotasyon ve translasyon)

a. İntakt-0

b. Şüpheli veya tanımlanmamış-1

c. Hasarlı-2

3. Nörolojik durum

a. Sinir kökü tutulumu-2

b. Kord, Konus medullaris inkomplet lezyonu-3

c. Kord, Konus medullaris komplet lezyonu-2

d. Kauda ekina tutulumu-3

Sonuç:

* Toplam skor 3 ve altı konservatif tedavi

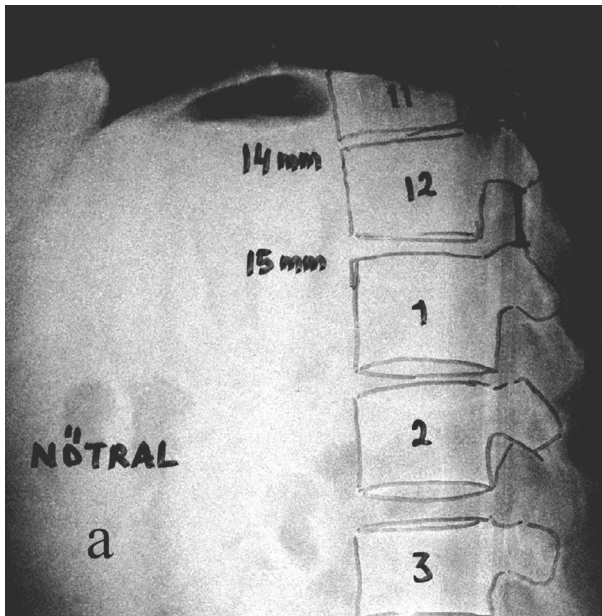
* 4 konservatif veya cerrahi

* 5 ve üzeri cerrahi tedavi uygulanır.

Sınıflandırmada değerlendirilen PLC'nin sağlam olup olmadığı, kalitatif olarak, yaralanma yok, şüpheli ve kesin yaralı şeklinde yapılmaktadır. Bu çalışmada PLC yaralanmasının olmadığını işaret eden, torakolomber konvansiyonel yan grafilerinde kolayca değerlendirilebilecek kantitatif değerlerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla torakolomber omurga kırıklarının en sık görüldüğü 20-40 yaş arası 40 gönüllü normal erkek bireyde T11-T12 ve T12-L1 interspinöz mesafe ölçümleri yapılmıştır.

MATERYAL VE METOT:

Bu çalışmada, yaş ortalaması 33.2 ± 5.4 (20-40) olan 40 gönüllü erkeğin ayakta nötralde ve hiperfleksiyonda torakolomber bölge yan grafileri çekilerek, T11-T12 ve T12-L1 spinöz proseslerin en alt noktaları arası mesafe ölçülmüştür. Ölçümü 3 ölçücü ayrı ayrı yapmış ölçümlerin aynı olduğu belirlenmiştir. Hasta grubu yaş, kilo, boy ve interspinöz mesafe (ISD) ölçümleri açısından homojenizasyonu incelenmiş ve teyit edilmiştir.

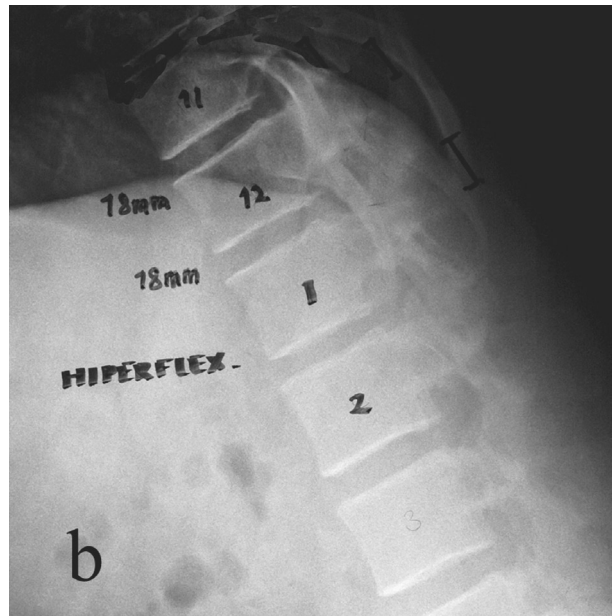


Hem T11-T12, hem de T12-L1 seviyeleri için nötral ve hiperfleksiyon ölçümlerinin, ikisi arasındaki fark ve değişme yüzdeleri ortalamaları ve standart sapmaları belirlenmiştir (Şekil-1). Nötral ve hiperfleksiyon ölçüm ortalamaları, değişme yüzdeleri ve oluşan fark ortalamaları açısından iki seviye istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

İstatistiki incelemelerde SPSS 11.0 for Windows programı kullanılmış, "Eş örnekler için ortalamalar arası fark testi" ve "Bağımsız örnekler ortalamaları arası farkın anlamlılık testi" yapılmış ve olasılık değeri 0.05 olarak alınmıştır.

SONUÇLAR:

T11-T12 ve T12-L1 seviyelerinde ISD'nin nötralde sırasıyla ortalama 11.7 ± 1.7 (9-15) mm ve 12.7 ± 1.5 (9-16) mm, hiperfleksiyonda sırasıyla ortalama 14.6 ± 1.7 (11.5-17.1) mm ve 15.7 ± 1.6 (12-18.2) mm olduğu saptanmıştır. İki seviyenin nötral ve hiperfleksiyon ISD ortalamalarının istatistiki olarak benzer olduğu belirlenmiştir (t-nötral: -



Şekil-1. Hastanın (a) nötral ve (b) hiperfleksiyon torakolomber grafileri. Interspinöz mesafede hiperfleksiyon sonrası T11-T12 arasında 4 mm ve T12-L1 arasında 3 mm artış izleniyor.

3.3 ve t-hiperfleksiyon: -2,9, $p>0.05$). Her iki seviyede de hiperfleksiyonla elde edilen ISD değerleri ile nötraldeki değerleri ise istatistiki olarak anlamlı olacak şekilde farklı olduğu belirlenmiştir (t-T11-T12: -7.1, t-T12-L1: -16.9, $p<0.05$).

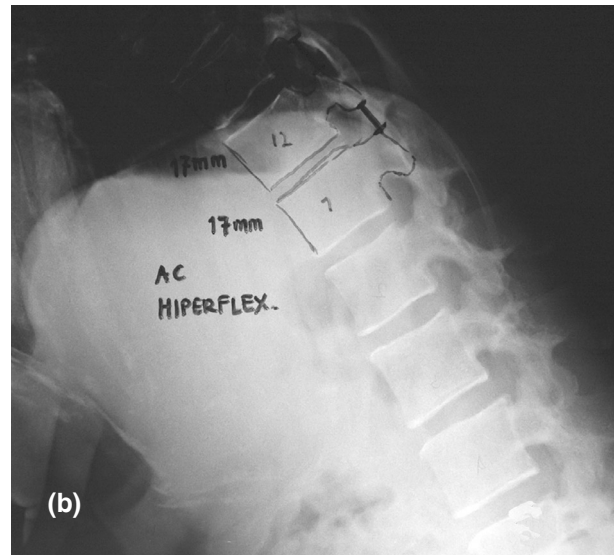
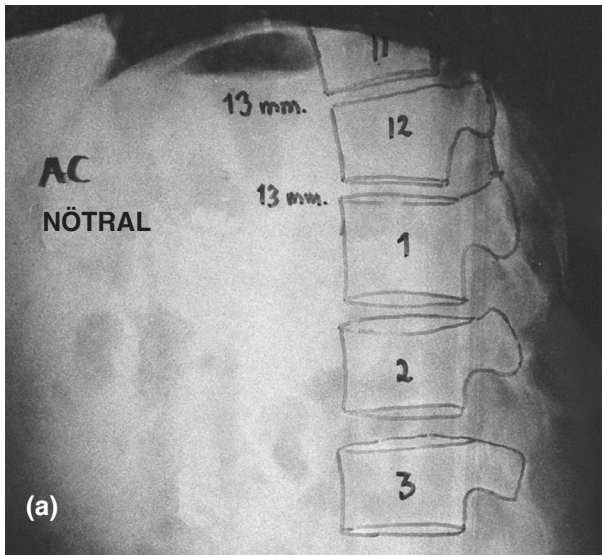
Sonuç olarak, T11-T12 ve T12-L1 seviyelerinin her ikisinde de nötralde ve hiperfleksiyondaki ISD ortalamaları benzer iken, her iki seviyede de hasta hiperfleksiyona getirildiğinde ISD'de anlamlı bir artış olduğu saptanmıştır. T11-T12 ve T12-L1 seviyelerinde hiperfleksiyonda ortaya çıkan ISD'deki artış sırasıyla ortalama 2.9 ± 1.9 (1-5) mm ve 3.0 ± 0.9 (1.2-4.9) mm olduğu ve nötrale göre oluşan değişim oranının ortalama sırasıyla % 26.5 \pm 15.0 ve % 24.4 \pm 16.6 olduğu belirlenmiştir. Her iki seviyedeki nötral ile hiperfleksiyon arasındaki farkın mm ve % olarak ortalamaları arasında da istatistiki anlamlı bir fark bulunamamıştır (t-mm fark: -0.3, t-% fark: 0.7, $p>0.05$) (Şekil-2).

Nötralde T11-T12 ve T12-L1 seviyelerinde 9-16 mm arasında bir mesafe olduğu, bunun hiperfleksiyonda maksimum 5 mm değiştiği

belirlenmiştir. Örneklerin tamamına daha sonra çekilen torakolomber bölge MR incelemelerinde ne kemiksel ne de ligamentöz bir patolojinin olmadığı da teyit edilmiştir.

TARTIŞMA:

Torakolomber bölge kırıklarında, Omurga Travma Grubunun oluşturduğu TLICS sınıflaması, hastaların nörolojik durumları, kırık cinsi ve PLC'nin intakt olup olmadığı hakkında bilgi vermekte ve cerrahlara cerrahi tedavi uygulamada kolay uygulanabilir bir rehber sunmaktadır ^(3-4,14-15,20-29). Yapılan çalışmalar, sınıflamanın güvenilirlik ve geçerliliğini teyit etmektedir ⁽²⁰⁻²⁹⁾. Ortopedist ve nöroşirurjenler arasında yapılan skorlama çalışmalarında, gözlemler ve gözlemciler arasında her iki grupta bir fark olmadığı da saptanmıştır ^(11,23-24). Ayrıca sınıflama, servikal, torakal ve lomber bölgeye de uyarlanmış ve aynı şekilde güvenilirlik ve geçerlilik çalışmaları tamamlanmıştır ^(4,6,24). Bu sınıflama kullanılarak, konservatif ve cerrahi tedavi yapılan hastaların, klinik ve radyolojik sonuçlarının literatüre göre daha başarılı olduğu konusunda da yayınlar mevcuttur ^(22,24,29).



Şekil-2. Hasta AC'nin (a) nötral ve (b) hiperfleksiyon torakolomber grafileri. İnterspinöz mesafede hiperfleksiyon sonrası T11-T12 ve T12-L1 mesafelerinin her ikisinde de 4 mm artış izleniyor.

TLICS'in skorlanmasında PLC'nin intakt olup olmadığının değerlendirilmesi kalitatifdir⁽²⁵⁻²⁹⁾. Kalitatif bu bilgi bilgisayarlı tomografi ve MR ile teyit edilmesi ihtiyacını göstermektedir. Her ne kadar skora sonuçlarının MR sonuçlarına bakılarak oldukça isabetli olduğunu bildiren yayınlar da mevcut olsa da, TLICS konusundaki en önemli eleştiri cerrahiye giden hasta sayısını arttırdığı yolundadır. PLC'nin intakt olup olmadığının saptanması için sayısal bir değerlendirmenin daha uygun olacağı inancıyla bu çalışma planlanmış ve 20-40 yaş arası erişkin erkek sağlıklı bireylerde, ayakta nötralde dururken T11-T12 ve T12-L1 seviyelerinde interspinöz mesafe (ISD)'nin ortalama sırasıyla 11.7 ± 1.7 mm ve 12.7 ± 1.5 mm, hiperfleksiyonda ise sırasıyla ortalama 14.6 ± 1.7 mm ve 15.7 ± 1.6 mm olduğu saptanmıştır. Bu iki seviyenin hem nötral hem de fleksiyonda istatistiki olarak benzer ISD değerlerine sahip olduğu ($p>0.05$), hiperfleksiyonla oluşan fark miktarı ve oranının da istatistiki olarak benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0.05$). Her iki seviyede hiperfleksiyonla ortalama 2.9 ± 1.9 mm ve 3.0 ± 0.9 mm artış olduğu ve bu artışın nötrale göre ortalama sırasıyla % 26.5 ± 15.0 ve % 24.4 ± 16.6 oranında gerçekleştiği gözlenmiştir. Diğer taraftan, hiperfleksiyon momenti ile oluşan ISD'deki artışın maksimum 5 mm olduğu saptanmıştır. Başka bir deyişle hiperfleksiyonda ISD, 12-19 mm arasında yer almaktadır.

Sonuç olarak, son yıllarda popülerize olan ve istatistik çalışmaları tamamlanarak güvenli ve geçerli bir sınıflama olduğu saptanan TLICS sınıflamasında, torakolomber bölgede bir üst veya bir alt ISD ölçümü ile kırık olan seviyede 5 mm'den az bir fark var ise PLC'nin intakt olduğu ve "sıfır" skor verilebileceği düşünülmüştür. Her iki seviye birden kırık ise, o

vakit kırık seviyelerdeki PLC'nin intakt olabilmesi için ISD'nin 12 - 19 mm arasında olması gerektiği akıldan çıkartılmamalıdır. Bu çalışmanın verilerinin güvenilirliği, daha çok sayıda sağlıklı örnekle geçerliliğinin araştırılması ve PLC yırtık vakalardaki ISD ölçümleri yapılarak üst sınırların teyit edilmesi ile daha da güçlendirilmesi gerekli olmakla birlikte, elde edilen sonuçların TLICS'in kullanılması sırasında şimdilik önemli bir rehber olacağı fikri ileri sürülmüştür.

KAYNAKLAR:

1. Argenson C, Dintimille H. Unstable fractures of the spine. III. Instability. Experimental instability. Experimental traumatic lesions of the spine in monkeys. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1977; 63(5): 430-431.
2. Bauer RD, Errico TJ. Thoracolumbar spine injuries. In: Errico TJ, Bauer RD, Waugh T (Eds.), *Spinal Trauma*. JB Lippincott Company, Philadelphia, 1991; pp: 195-269.
3. Bono CM, Vaccaro AR, Hurlbert RJ, Arnold P, Oner FC, Harrop J, Anand N. Validating a newly proposed classification system for thoracolumbar spine trauma: looking to the future of the thoracolumbar injury classification and severity score. *J Orthop Trauma* 2006; 20(8): 567-572.
4. Bono CM, Vaccaro AR, Fehlings M, Fisher C, Dvorak M, Ludwig S, Harrop J. Measurement techniques for lower cervical spine injuries: consensus statement of the Spine Trauma Study Group. *Spine* 2006; 31(5): 603-609.
5. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine* 1983; 8(8): 817-831.
6. Dvorak MF, Fisher CG, Fehlings MG, Rampersaud YR, Oner FC, Aarabi B, Vaccaro AR. The surgical approach to subaxial cervical spine injuries: an evidence-based algorithm based on the SLIC classification system. *Spine* 2007; 32(23): 2620-2629.

7. Eastlack RK, Bono CM. Fractures and dislocations of the thoracolumbar spine. In: Bucholz RW, Heckman JD, Court-Brown CM (Eds.), *Rockwood and Green's Fractures in Adults*. Volume-2, sixth edition, Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, 2006; pp: 1543-1580.
8. Ferguson RL, Allen BL Jr. A mechanistic classification of thoracolumbar spine fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1984; 189: 77-88.
9. Haba H, Taneichi H, Kotani Y, Terae S, Abe S, Yoshikawa H, Abumi K, Minami A, Kaneda K. Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging for detecting posterior ligamentous complex injury associated with thoracic and lumbar fractures. *J Neurosurg* 2003; 99 (1 Suppl): 20-26.
10. Haher TR, Felmlly, O'Brien M. Thoracic and lumbar fractures: diagnosis and management. In: Bridwell KH, DeWald RL (Eds.), *The Textbook of Spinal Surgery*, Volume-2, Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia, 1997; pp: 1763-1838.
11. Harrop JS, Vaccaro AR, Hurlbert RJ, Wilsey JT, Baron EM, Shaffrey CI, Fisher CG, Dvorak MF, Oner FC, Wood KB, Anand N, Anderson DG, Lim MR, Lee JY, Bono CM, Arnold PM, Rampersaud YR, Fehlings MG; Spine Trauma Study Group. Intrarater and interrater reliability and validity in the assessment of the mechanism of injury and integrity of the posterior ligamentous complex: a novel injury severity scoring system for thoracolumbar injuries. Invited submission from the Joint Section Meeting On Disorders of the Spine and Peripheral Nerves, March 2005. *J Neurosurg Spine* 2006; 4(2): 118-122.
12. Holdsworth FW. Fractures, dislocations and fracture-dislocations of the spine. *J Bone Joint Surg* 1963; 45-B: 6-20.
13. Lee HM, Kim HS, Kim DJ, Suk KS, Park JO, Kim NH. Reliability of magnetic resonance imaging in detecting posterior ligament complex injury in thoracolumbar spinal fractures. *Spine* 2000; 25: 2079-2084.
14. Lee JY, Vaccaro AR, Lim MR, Oner FC, Hulbert RJ, Hedlund R, Fehlings MG, Arnold P, Harrop J, Bono CM, Anderson PA, Anderson DG, Harris MB, Brown AK, Stock GH, Baron EM. Thoracolumbar injury classification and severity score: a new paradigm for the treatment of thoracolumbar spine trauma. *J Orthop Sci* 2005; 10(6): 671-675.
15. Lee JY, Vaccaro AR, Schweitzer KM Jr, Lim MR, Baron EM, Rampersaud R, Oner FC, Hulbert RJ, Hedlund R, Fehlings MG, Arnold P, Harrop J, Bono CM, Anderson PA, Patel A, Anderson DG, Harris MB. Assessment of injury to the thoracolumbar posterior ligamentous complex in the setting of normal-appearing plain radiography. *Spine J* 2007; 7(4): 422-427.
16. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 1994; 3(4): 184-201.
17. McAfee PC, Yuan HA, Fredrickson BE, Lubicky JP. The value of computed tomography in thoracolumbar fractures. An analysis of one hundred consecutive cases and a new classification. *J Bone Joint Surg* 1983;65-A(4): 461-473.
18. McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW. The load sharing classification of spine fractures. *Spine* 1994;19: 1741-1744.
19. Nicoll EA. Fractures of the dorso-lumbar spine. *J Bone Joint Surg* 1949; 31B(3): 376-394.
20. Oner FC, Ramos LM, Simmermacher RK, Kingma PT, Diekerhof CH, Dhert WJ, Verbout. Classification of thoracic and lumbar spine fractures: problems of reproducibility. A study of 53 patients using CT and MRI. *Eur Spine J* 2002; 11(3): 235-245.
21. Raja Rampersaud Y, Fisher C, Wilsey J, Arnold P, Anand N, Bono CM, Dailey AT, Dvorak M, Fehlings MG, Harrop JS, Oner FC, Vaccaro AR. Agreement between orthopedic surgeons and neurosurgeons regarding a new algorithm for the treatment of thoracolumbar injuries: a multicenter reliability study. *J Spinal Disord Tech* 2006; 19(7): 477-482.

22. Schweitzer KM Jr, Vaccaro AR, Lee JY, Grauer JN; Spine Trauma Study Group. Confusion regarding mechanisms of injury in the setting of thoracolumbar spinal trauma: a survey of The Spine Trauma Study Group (STSG). *J Spinal Disord Tech* 2006; 19(7): 528-530.
23. Schweitzer KM, Vaccaro AR, Harrop JS, Hurlbert J, Carrino JA, Rechtine GR, Schwartz DG, Alanay A, Sharma DK, Anderson DG, Lee JY, Arnold PM. Interrater reliability of identifying indicators of posterior ligamentous complex disruption when plain films are indeterminate in thoracolumbar injuries. *J Orthop Sci* 2007; 12(5): 437-442.
24. Stadhouders A, Buskens E, de Klerk LW, Verhaar JA, Dhert WA, Verbout AJ, Vaccaro AR, Oner FC. Traumatic thoracic and lumbar spinal fractures: operative or nonoperative treatment: comparison of two treatment strategies by means of surgeon equipoise. *Spine* 2008; 33(9):1006-1017.
25. Vaccaro AR, Zeiller SC, Hurlbert RJ, Anderson PA, Harris M, Hedlund R, Harrop J, Dvorak M, Wood K, Fehlings MG, Fisher C, Lehman RA Jr, Anderson DG, Bono CM, Kuklo T, Oner FC. The thoracolumbar injury severity score: a proposed treatment algorithm. *J Spinal Disord Tech* 2005; 18(3): 209-215.
26. Vaccaro AR, Lim MR, Hurlbert RJ, Lehman RA Jr, Harrop J, Fisher DC, Dvorak M, Anderson DG, Zeiller SC, Lee JY, Fehlings MG, Oner FC; Spine Trauma Study Group. Surgical decision making for unstable thoracolumbar spine injuries: results of a consensus panel review by the Spine Trauma Study Group. *J Spinal Disord Tech* 2006; 19(1): 1-10.
27. Vaccaro AR, Lee JY, Schweitzer KM Jr, Lim MR, Baron EM, Oner FC, Hurlbert RJ, Hedlund R, Fehlings MG, Arnold P, Harrop J, Bono CM, Anderson PA, Anderson DG, Harris MB, Spine Trauma Study Group. Assessment of injury to the posterior ligamentous complex in thoracolumbar spine trauma. *Spine J* 2006; 6(5): 524-528.
28. Vaccaro AR, Baron EM, Sanfilippo J, Jacoby S, Steuve J, Grossman E, DiPaola M, Ranier P, Austin L, Ropiak R, Ciminello M, Okafor C, Eichenbaum M, Rapuri V, Smith E, Orozco F, Ugolini P, Fletcher M, Minnich J, Goldberg G, Wilsey J, Lee JY, Lim MR, Burns A, Marino R, DiPaola C, Zeiller L, Zeiler SC, Harrop J, Anderson DG, Albert TJ, Hilibrand AS. Reliability of a novel classification system for thoracolumbar injuries: the Thoracolumbar Injury Severity Score. *Spine* 2006;31(11 Suppl): S62-S69; discussion S104.
29. Vaccaro AR, Lim MR, Hurlbert RJ, Lehman RA Jr, Harrop J, Fisher DC, Dvorak M, Anderson DG, Zeiller SC, Lee JY, Fehlings MG, Oner FC; Spine Trauma Study Group. Surgical decision making for unstable thoracolumbar spine injuries: results of a consensus panel review by the Spine Trauma Study Group. *J Spinal Disord Tech* 2006; 19(1): 1-10.

