



Sakroiliak eklem yaralanmalarında S1 pediküler vida-iliak plak/ iliosakral vida-kompresyon çubuğu uygulaması: Sakroiliak eklem morfolojik değerlendirilmesi ve model pelvis üzerinde uygulama

A morphologic evaluation of the sacroiliac joint and plate fixation on a pelvic model using a S1 pedicular screw, transiliosacral screws, and a compression rod for sacroiliac joint injuries

İrfan ESENKA YA

İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

Amaç: Sakroiliak eklemi oluşturan eklem yüzleri/fasies artikularisler ile komşu kemik bölgelerinin morfolojik ölçümlerini kuru kemik örnekleri üzerinde yaparak, bölgenin posterior iliak kanat üzerindeki izdüşümünü hesaplamak; sakroiliak eklem yaralanmaları için güvenilir bölge olarak değerlendirdiğimiz bu bölgeye uygulanan plak üzerinden transiliosakral vida ve S1'e pediküler vida kombinasyonundan oluşan sistemi pelvis modellerinde değerlendirmek.

Çalışma planı: Yirmi adet os koksa, 10 adet sakrumdan oluşan kuru kemik örneklerinde, sakrum lateralindeki ve iliak kanat medial yüzündeki eklem yüzleri, bölgelere göre posterior iliak kanat kemik kalınlıkları, S1 ile S2 foramina dış duvarlarının sakral eklem yüzüne olan uzaklıkları milimetreye duyarlı kompas ile ölçüldü. Lateral sakral kitlenin iliak kanat posterioruna uyan bölümündeki izdüşümü için plak tasarımı yapıldı. Pelvis modelleri üzerinde sakral foramina lateralinde kalacak şekilde plak üzerinden dört adet transiliosakral vida uygulandı. S1'e gönderilen pediküler vida ile plak iki ayrı tip yivli kompresyon çubuğuyla birleştirildi.

Bulgular: Eklem yüzüne ait ortalama değerler iliak kanat için taban uzunluğu 53.3 mm, yüksekliği 38.5 mm, eklem yüzü ön sınırının spina iliaca posterior superiora olan uzaklığı 56.2 mm; sakrum için taban uzunluğu 57.2 mm, yüksekliği 34.6 mm bulundu. Ortalama kemik kalınlıkları iliak kemiğin tüm bölgeleri için 19.2 mm, sakrumda S1 ve S2 foramina lateral duvarlarıyla eklem yüzü arasındaki uzaklık 21.7 mm bulundu. Bulunan izdüşüm için, taban orta noktasından çıkılan dik doğrunun, vida uygulamasında güvenilir bölge olduğu görüldü.

Çıkanmlar: Belirlenen izdüşüm bölgesine yerleştirilen plak üzerinden S1 ve S2 düzeylerinde sakral foramina lateralinde kalacak şekilde, sakral nöral ve çevredeki önemli yapılara zarar vermeksizin çoklu vida uygulanabilir. Plak/vida sistemine pediküler vida eklenmesiyle stabil bir tespit sağlanabilir.

Anahtar sözcükler: Kemik vidaları; kadavra; dislokasyon/cerrahi/radyografi; ekipman tasarımı; kırık fiksasyonu, internal/yöntem/enstrümantasyon; ilium/cerrahi; internal fiksatörler; pelvis/yaralanma/cerrahi/radyografi; sakroiliak eklem/yaralanma/cerrahi/radyografi; sakrum/cerrahi; bilgisayarlı tomografi.

Objectives: Morphological measurements were performed, of the articular surfaces and adjacent bone structures of the sacroiliac joint on dry bone specimens to determine the projection of the sacroiliac joint on the outer table of the posterior ilium. In addition, the effect of plate fixation using transiliosacral screws and a pedicular screw on S1 attached via a compression rod was evaluated on pelvic models to be applied in sacroiliac joint injuries.

Methods: Quantitative caliper measurements of dry bone specimens including 20 os coxae and 10 sacrum were made on the articular surfaces of the sacrum and the posterior ilium, thickness of the posterior iliac bone at different levels, and the distance from the outer walls of S1 and S2 foramina to the sacral facies articularis. After the construction of a plate matching the projection of the lateral sacral mass on the outer table of the posterior ilium, four transiliosacral screws were applied lateral to the sacral foramina on pelvic models. A pedicular screw sent to S1 was attached to the plate with a threaded compression rod.

Results: The mean values for the articular surface of (i) the posterior ilium were 53.3 mm (base length), 38.5 mm (height), and 56.2 mm (the distance from the anterior margin of the articular surface to the spina iliaca posterior superior); and (ii) the sacrum, 57.2 mm (base length), and 34.6 mm (height). The mean thickness of the posterior ilium was 19.2 mm, and the mean distance from the lateral walls of the sacral foramina at S1 and S2 levels to the articular surface was 21.7 mm. For the deduced projection, the perpendicular line from the middle of the base was found to be the safe zone for screw applications.

Conclusion: Through a plate applied matching the projection area, multiple screws may be sent lateral to S1 and S2 foraminal levels without damage to the sacral neural and surrounding vital structures. A stable fixation can be achieved by combining the plate/screw system with a S1 pedicular screw.

Key words: Bone screws; cadaver; dislocations/surgery/radiography; equipment design; fracture fixation, internal/methods/instrumentation; ilium/surgery; internal fixators; pelvis/injuries/surgery/radiography; sacroiliac joint/injuries/surgery/radiography; sacrum/surgery; tomography, X-ray computed.

Yazışma adresi: Dr. İrfan Esenkaya, İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, 44065 Malatya.
Tel: 0422 - 341 06 60 / 5102 Faks: 0422 - 325 82 83 e-posta: iesenkaya@hotmail.com

Başvuru tarihi: 03.06.2002 **Kabul tarihi:** 27.08.2002

Sakroiliak dislokasyonlar, pelvik halka yaralanmalarının en instabil grubunu oluşturlar. Arka kolon yaralanmasına ek olarak, simfiz pubisin ayrışması ya da iskion ve pubis kollarındaki kırıklar da yaralanmaya eşlik edebilir. Etkilenen taraftaki pelvis yarısı (hemipelvis) vertikal doğrultuda yer değiştirerek iç rotasyona zorlanır.^[1-15] Vertikal instabil pelvis yaralanmalarında, özellikle geleneksel yöntemlerle yeterli redüksiyon sağlanamadığında uzun dönem takip sonuçlarının kötü olduğu görülmüştür; yüksek oranda kaynamama, hatalı kaynama, ektopik kemik oluşumu, bel ve sakrum bölgelerinde ağrı, skolyoz, yürüme bozukluğu, oturma problemleri, pelviste çarpıklık, ekstremitelerde uzunluk farkı, günlük yaşam işlevlerinin kısıtlanması ve ağır nörolojik sekeller gelişebilir.^[7,9,14-16] En iyi sonuçlar posterior pelvik kompleksin internal tespitiyle elde edilmiştir. Simfiz pubis ile iskion ve pubis kollarındaki ek yaralanmalara da bağlı olarak, posteriordan yapılan tespit anterior internal veya eksternal tespit yöntemleriyle beraber uygulanmasının stabiliteyi artıracakı bildirilmiştir.^[1-17]

Posterior pelvik kompleksin internal fiksasyonu için sakroiliak eklem anterior veya posteriordan yaklaşılabilir. Anterior yaklaşımla plak-vida uygulanabilir.^[3,5,7,8,10,13,14,16] Posterior yöntemler olarak iki taraflı (double) kobra plaklar,^[4,7,16] tek taraflı^[2,5,10,16] veya iki taraflı (iliolial) rekonstrüksiyon plakları^[7,12] ve iliosakral spongios vida,^[2,5,7,10,12,16] kanüle veya kanüle olmayan iliosakral spongios vida veya lag/çektirme vidaları,^[2,3,6-8,10,12,14] sakral çubuklar/yivli kompresyon çubukları,^[5,11,12,16] trans iliak-sakral-iliak çubuklar,^[17] triangular osteosentez (transsakral, iliolial plak veya transiliosakral spongios vida ile kombine iliolumber veya lumbosakral tespit),^[18] S1 pediküler vida-

Galveston tekniği,^[11] S1-pediküloiliak fiksasyon^[19] ve bilgisayarlı tomografi (BT) kılavuzluğunda perkütan iliosakral vida^[3,4,9] uygulanabilir. Günümüzde öncelikli tedavi şeklinde yaygın olarak kullanılmamakla birlikte, internal fiksasyonla veya ayrı olarak, kalıcı veya geçici süreyle kompresyon yapıcı eksternal fiksatör uygulamaları da tanımlanmıştır.^[3,5,10,12,14,15,20,21]

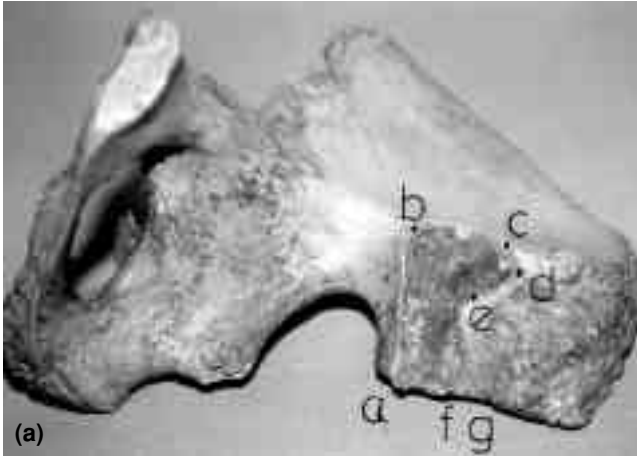
Posterior yaklaşımda uygulanan kesi bölgesinde adale ve yumuşak dokuda nekroz ve enfeksiyon, superior gluteal arter, iliak damarlar, lumbosakral turlunus, sempatik zincir ve sakral kök yaralanmaları; sakroiliak eklem anterior yaklaşımda L5 ve S1 sinir kökü yaralanmaları gelişebilir.^[4,5,8,13,14,16,18,22] Kadavra ile yapılan anatomik çalışmalarda hatalı ve yanlış yönde vida uygulanması sonucu bu yaralanmaların oluşabileceği gösterilmiştir.^[23-25]

İntervertebral foramenlerin lateralinde bulunan lateral sakral kitlenin (pars lateralis) en geniş bölgesi, S1'e ait olan sakral ala/kanattır. Antero-inferior yerleşimli eklem yüzünü (fasies aurikularis) ve postero-superior yerleşimli eklem dışı bölümünü (tuberositas sakralis) içerir. Lateral görüntüsü üçgen şeklindedir (Şekil 1 ve 2b).^[26,27]

Bu çalışmada, anatomi bölümünden sağlanan kuru kemik örnekleri üzerinde sakroiliak eklem, lateral sakral kitle ve posterior iliak kanat morfolojik olarak değerlendirildi (Şekil 1 ve 2). Elde edilen veriler ışığında, vida uygulamak için uygun ve güvenilir bölge olduğu belirtilen ve inferior bölümünde eklem yüzlerini de içeren lateral sakral kitlenin posterior iliak kanat üzerindeki izdüşümüne (Şekil 3) uyacak şekilde plak tasarımı yapıldı (Şekil 4).^[2,14,26] Plak üzerindeki hareket serbestliği için birbirleriyle bağlantılı deliklerden tran-



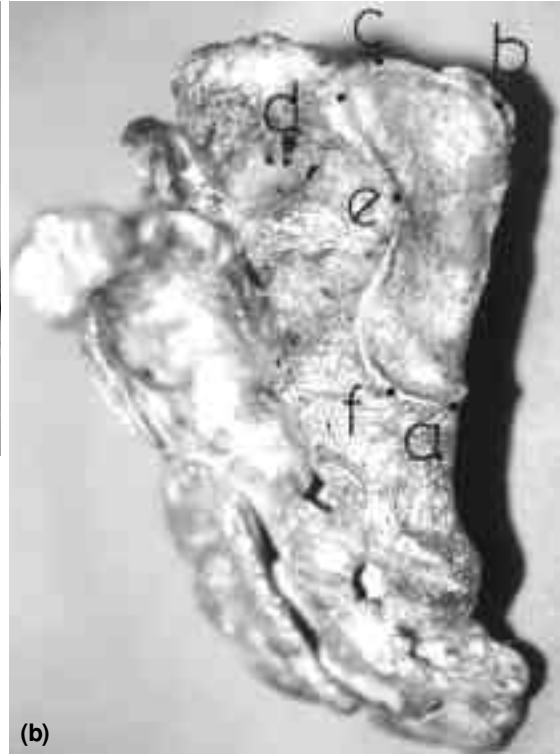
Şekil 1. Eklemleştirilmiş kuru kemik örneğinde sağ sakroiliak eklem ve lateral sakral kitlenin (a) önden ve (b) arkayarıdan görünümü.



Şekil 2. Sağ pelvis yarısını oluşturan kuru kemik örneklerinde, **(a)** posterior iliak kanat medialindeki fasies auricularis ve tuberositas iliakanın ve **(b)** lateral sakral kitlenin görünümü.

İliak fasies auricularis için, a, SİPİ; g, SİPS; a-b, taban uzunluğu; b-d, yüksekliği; c-g, eklem yüzü ön kenarının SİPS'ye olan uzaklığı; e-f, eklem yüzü arka kenarının SİPİ'yi olan uzaklığı.

Sakral fasies auricularis için, a-b, taban uzunluğu; b-d, sakral kanata uzanan kolu/yüksekliği; e-f, iliak kanattaki aynı bölümün karşılığı.



siliosakral olarak, sakral deliklerin lateralinde, lateral sakral kitle içinde kalacak şekilde dört vida uygulandı. S1'e pediküler vida uygulanarak plakla pediküler vida arasında bağlantıyı sağlayacak iki tip kompresyon çubuğundan oluşan sistem, plastik pelvis modelleri üzerinde değerlendirildi (Şekil 4-6).



Şekil 3. Eklemleştirilmiş sağ pelvis yarısında sakroiliak eklem yüzlerinin posterior iliak kanat üzerindeki izdüşümü.

Gereç ve yöntem

Çalışma için İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Bölümü'nden 10'u sağ, 10'u sol, toplam 20 os koxsa ve 10 sakrumdan oluşan kuru kemik örnekleri sağlandı. Bunlar üzerinde, sakroiliak eklemi oluşturan, sakrum lateralindeki ve posterior iliak kanat medialindeki eklem yüzlerinin taban uzunlukları, yükseklik ve genişlikleri ölçüldü. Bunların poste-



Şekil 4. Tasarımı yapılan sistemi oluşturan parçalar: İki farklı uzunluktaki plaklar, transiliosakral uygulanan spongiöz ve baş kısmı düşük profilli vidalar, S1 için vertebral pediküler vidalar ve spongiöz vidalar, birleştirici iki farklı tipte yivli çubuk ve kilitlemeyi sağlayan somunlar.

Tablo 1. İliak kanat iç yüzündeki fasies aurikularise ait ölçüm değerleri(mm)*

	Ortalama	Dağılım
Taban uzunluğu	53.3	44-62
Yükseklik	38.5	32-45
SİPS-eklem yüzeyi ön sınırı	56.2	48-64
SİPİ-eklem yüzeyi arka sınırı	34.2	29-39
Genişlik	18.6	13-23
Tabanın siyatik çentiğe olan uzaklığı	7.2	6-11

*20 adet os koxsa/ilium kuru kemik örneğinde; SİPS: Spina iliaka posterior superior; SİPİ: Spina iliaka posterior inferior.

rior iliak kanat lateralindeki izdüşüm bölgeleri; S1 ve S2 foramina dış duvarlarının sakrum lateralindeki eklem yüzüne olan uzaklıkları ile posterior iliak kanadın medial tarafındaki eklem yüzünün ve komşu kemik bölgesinin kemiksel kalınlıkları milimetre duyarlılığında kompas ile ölçülerek değerlendirildi. Böylece, iliak kanat dış duvarı ile sakral nöral foramina arasındaki ortalama uzaklık bulundu. Ölçümler için sakroiliak eklemi oluşturan sakrum ve posterior iliak kanata ait eklem yüzlerinin en uzun uzaklıkları değerlendirmeye alındı. Eklem yüzeyinin posterior iliak kanat üzerindeki izdüşümü bulunurken, eklem yüzeyi tabanının büyük siyatik çentik ile spina iliaka posterior inferior (SİPİ) arasındaki kenardan uzaklığı ve eklem yüzeyi yüksekliğinin ön bölümünün spina iliaka posterior superior (SİPS) ve SİPİ'ye olan uzaklıkları değerlendirildi (Şekil 2). Spina iliaka posterior superior ve SİPİ'ye hemen hemen paralel

Tablo 2. Sakrumdaki fasies aurikularise ait ölçüm değerleri (mm)*

	Ortalama	Dağılım
Sakrum uzun aksına paralel tabanı	57.2	52-63
Sakrum üst kenarına paralel yüksekliği	34.6	29-42
Genişliği / tüm bölgeler için	18.5	13-23

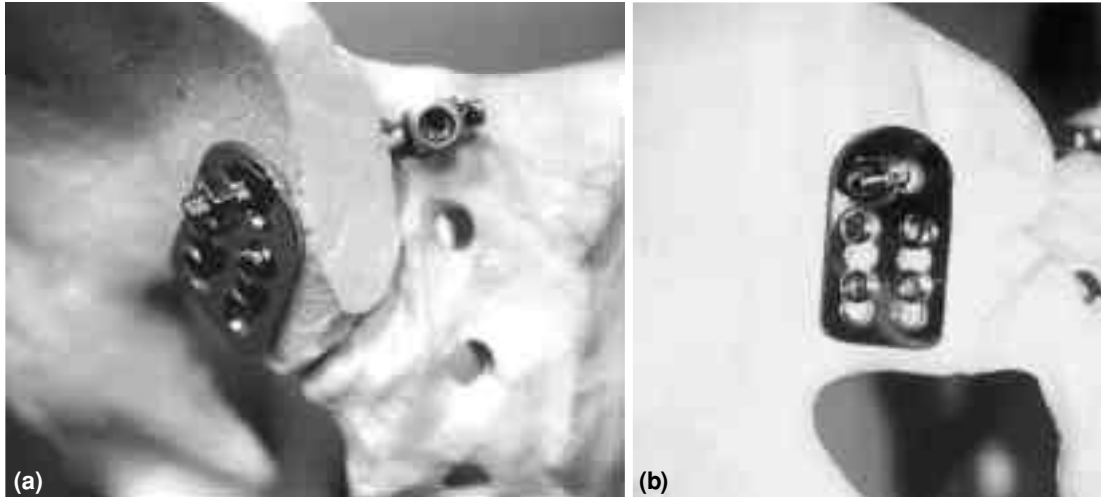
*10 adet sakrum kuru kemik örneğinde.

olacak şekilde, büyük siyatik çentiğin arkasında kalan alanın (Şekil 3), sakral nöral ve çevredeki önemli yapılara zarar vermeksizin plak ve vida uygulanabilecek, güvenilir bölge olduğu saptandı.

Bu ölçümler doğrultusunda, sakroiliak eklem yaralanmalı hastalar için var olan sistemlerden yararlanarak, güvenilir bölge olan posterior iliak kanat lateralinden plak-iliosakral vida ve S1'e pediküler vida uygulandı; bunların birleştirilmesi için yivli çubuk kullanılarak tasarlanan sistem (Şekil 4) plastik pelvis modelleri üzerinde değerlendirildi (Şekil 5 ve 6).

Sonuçlar

İliak kanat medialindeki sakrumla eklem yapan ve anatomik olarak fasies auricularis^[27] olarak adlandırılan eklem yüzü, büyük siyatik çentik ile SİPİ arasında uzanan kenardan ortalama 7.2 mm (dağılım 6-11 mm) yukarıda bulundu; taban uzunluğu ortalama 53.3 mm (44-62 mm) ve tuberositas iliakaya^[27] doğru uzanan yüksekliği ortalama 38.5 mm (32-45 mm) idi. Fasies auricularisin tuberositas iliakaya uzanan bölümünün



Şekil 5. Sol posterior iliak kanat üzerinde, birbirleriyle bağlantılı dörder vida delikli (küçük boyutlu plak), S1'e vertebral transpediküler vida ve plak ile S1 vidası arasındaki bağlantıyı sağlayan iki tarafı yivli kompresyon çubuğundan oluşan uygulama; (a) arka-yan ve (b) yan görünüm. Görüntüyü sağlamak için iliak kristanın posterior bölümü kesilmiştir.

Tablo 3. Bölgelere göre kemik kalınlığı (mm)*

	Ortalama	Dağılım
İliak kemik		
Fasies aurikularis-ön bölüm	22.3	20-28
Fasies aurikularis-SİPİ'den 2 cm önde	17	14-21
Fasies aurikularise komşu bölümde	18.4	14-24
Tüm bölgelerin genel ortalaması	19.2	14-28
Sakrum		
S1 forameni dış kenarı-fasies aurikularis-önde	23.1	17-30
S1 forameni dış kenarı-fasies aurikularis-arkada	24.8	18-32
S2 forameni dış kenarı-fasies aurikularis-önde	19.3	16-25
S2 forameni dış kenarı-fasies aurikularis-arkada	19.6	17-23
S1 ve S2'nin genel ortalaması	21.7	16-32

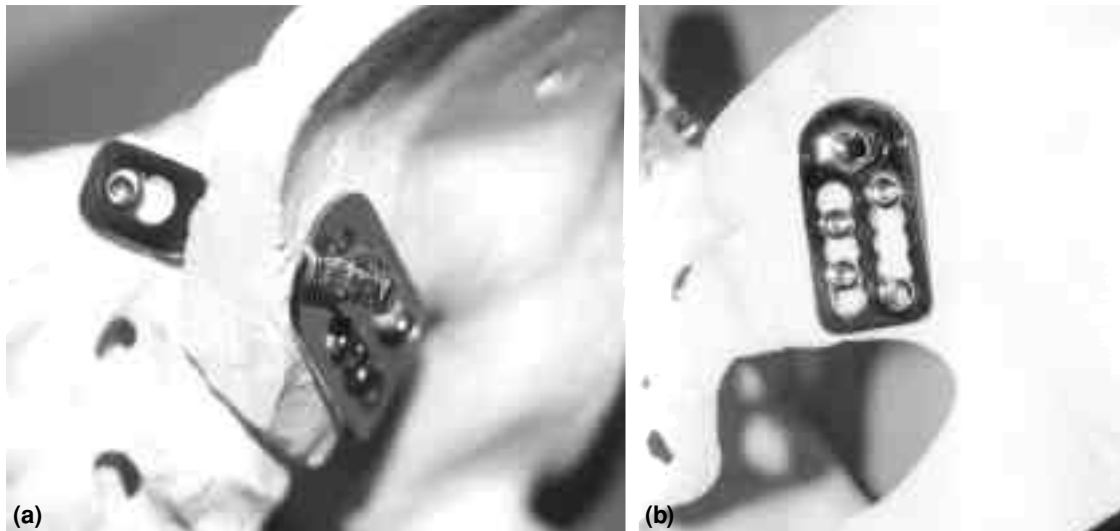
*10 adet sakrum ve 20 adet os koksa/iliium kuru kemik örneklerinde; SİPİ: Spina iliaka posterior inferior.

ön sınırının SİPS'ye uzaklığı ortalama 56.2 mm (48-64 mm), arka sınırının SİPİ'ye uzaklığı ortalama 34.2 mm (29-39 mm) ölçüldü. Eklem yüzünün genişliği tüm bölgelerde ortalama 18.6 mm (13-23 mm) idi (Tablo 1, Şekil 2a). Sakrumdaki eklem yüzünü oluşturan fasies aurikularis ossis sakrının^[27] sakrum uzun eksenini boyunca uzanan tabanı ortalama 57.2 mm (52-63 mm), S1'e ait sakral kanata uzanan üst eklem yüzüne yakın bölümündeki kolu ortalama 34.6 mm (29-42 mm), eklem yüzü genişliği tüm bölgelerde ortalama 18.5 mm (13-23 mm) bulundu (Tablo 2, Şekil 2b).

Bölgelere göre kemik kalınlıkları değerlendirildi. İliumun kemik kalınlığı, fasies aurikularisin büyük

siyatik çentiğe yakın ön bölümünde ortalama 22.3 mm (20-28 mm), SİPİ'den 2 cm önde ortalama 17 mm (14-21 mm); fasies aurikularise hemen komşu bölümdeki tuberositas iliakaya uyan iliak kanat kalınlığı ortalama 18.4 mm (14-24 mm) olarak ölçüldü. Bu değer, tüm bölgelerdeki kemik kalınlığının ortalaması olarak hesaplandığında 19.2 mm (14-28 mm) bulundu (Tablo 3, Şekil 2a).

Sakrumda S1 ve S2 foramina dış duvarlarının, ön ve arka yüzde iliumla eklem yapan eklem yüzü sınırlarına olan uzaklıkları S1 için ön yüzde ortalama 23.1 mm (17-30 mm), arka yüzde ortalama 24.8 mm (18-32 mm); S2 için ön yüzde ortalama 19.3 mm



Şekil 6. Sağ posterior iliak kanat üzerinde, birbirleriyle bağlantılı beşer vida delikli (büyük boyutlu plak), plak şeklinde yassılatılmış bölümünden S1'e normal spongioz vida ve bu vidayla iliak plak arasında bağlantıyı sağlayan bölümü iki tarafı yivli kompresyon çubuğundan oluşan uygulama; (a) arka-yan ve (b) yan görünümü. Görüntüyü sağlamak için iliak kristanın posterior bölümü kesilmiştir.

(16-25 mm), arka yüzde 19.6 mm (17-23 mm) olarak ölçüldü. Bu değer, S1 ve S2'nin genel ortalaması olarak hesaplandığında 21.7 mm (16-32 mm) bulundu (Tablo 3). Kemik ölçümlerinde, sınırlarında herhangi bir aşınma olmayan aynı sakrumun sağ ve sol tarafındaki değerlerin bile (anatomik çeşitliliğe bağlı olarak) farklı olabildikleri gözlemlendi.

Uygulama

Ölçümler doğrultusunda, posterior iliak kanat lateraline uygulanmak üzere plak tasarımı yapıldı. Plaklarda, uzun kenara paralel olacak şekilde, iki sıra halinde, birbirine paralel ve kendi içlerinde birbirleriyle bağlantılı dört ve beş vida deliği ve kısa kenarın/eninin dışbükey üst bölümünde birbirleriyle bağlantılı iki vida deliği vardı. Posterior iliuma vidalama sırasında uyum sağlaması (gerektiğinde şekillenmesi) için, plaklar kalınlık 2 mm, genişlik 28 mm, uzunluk da 49 ve 55 mm olacak şekilde iki farklı boyutta yaptırıldı (Hipokrat AŞ, Türkiye) (Şekil 4).

Plaklar, lateral sakral kitlenin posterior ilium üzerindeki izdüşümüne uygun olacak şekilde, tabanı (kısa kenarı) büyük siyatik çentik ile SİPİ arasındaki kenardan 5-10 mm yukarıda ve uzun kenarının ön sınırı büyük siyatik çentik sınırını geçmeyecek şekilde, SİPS ile SİPİ'ye hemen hemen paralel olarak, iliak kanadın postero-lateraline uygulandı. Plakın ön kenarı SİPİ'ye ortalama 40.6 mm (SİPİ'nin eklem yüzeyi taban uzunluğunun orta noktasına olan uzaklığı+plak genişliğinin yarısı=26.6 mm+14 mm) ve SİPS'ye 42.1 mm (SİPS'nin eklem yüzeyi ön kenarına olan uzaklığının orta noktasına olan uzaklığı+plak genişliğinin yarısı=28.1 mm+14 mm) uzaklıkta olacak şekilde yerleştirildiğinde, tanımlanan büyük siyatik çentik sınırı aşılmamaktadır. Ön taraftaki vida deliklerinden S1'e, arka taraftaki vida deliklerinden S1-S2 arasındaki bölgeye, ikişerden dört adet spongioz vida, büyük siyatik çentiğe yakın olanlar sakrumun eklem yüzeyine, kristaya yakın olanlar eklem dışı yüzeyine (tuberositas sakralise) yönelmek üzere, sakrum ve iliak kemik kalınlıklarını geçecek ve sakral foraminadan uzak kalacak şekilde uygulandı (Şekil 5 ve 6). Bu bölümdeki iliak kanat kalınlığının tüm bölgelerde ortalama 19.2 mm (14-28 mm) ve S1 ile S2 foramenlerinin sakrum lateral kenarına (eklem yüzeyine) olan uzaklıkları ortalama 21.7 mm (16-32 mm) olarak değerlendirildiğinden, foramina dış duvarlarının ilium dış yüzeyine uzaklığının ortalama 40.9 mm uzaklıkta olduğu so-

nucuna varıldı. Ancak, elde ettiğimiz kemik örneklerinde yaş ve cinsiyet ayrımı yapılamadığından ve sakrum veya os koksaların hepsi aynı pelvise ait örnekler olmadığından, iliak kanat ve sakruma ait kalınlıkla ilgili en alt sınır tam olarak belirlenemedi. Kemik örneklerinin uygulama öncesinde BT incelemeleri yapılarak, foraminal duvarlarının dış sınırları ile iliak kanat dış korteks arasındaki uzaklık dikkate alınmış, vidaların, medüller kanal ile S1 ve S2'ye ait foraminaya ulaşmayacak uzunlukta olmaları benimsenmişti. Uygun olgularda plak üzerindeki deliklerden dört, gerekirse beş adet kısa spongioz vida gönderilebileceği planlandı. Gönderilecek vidalar, çekme/lag etkisi yapabilecek (normal spongioz vida) veya plak üzerindeki yuvaya gömülecek ve profil olarak yükseklik yapmayacak şekilde tasarlandı. S1'e uygulanan pediküler vida, mediale doğru uygun aksta gönderildi. Pediküler vida olarak çok yönlü hareket özelliği olan vidaların kullanılması, plakla bağlantıyı sağlayan kompresyon çubuğunun vida yuvasına uyumunu kolaylaştırmaktadır. S1 pediküler vidası ile iliak plak arasındaki bağlantıyı sağlayan çubuğa şekil verme sırasında, yivler bozulmasın diye karşılıklı yüzleri düzleştirilmiş yivli çubuklar kullanıldı. Bir başka tasarım olarak, iliak plakla bağlantıyı sağlayan yivli çubuğun, pediküle uyan ve plak şeklinde düzleştirilmiş bölümündeki birbirleriyle bağlantılı iki deliğin uygun olanından S1'e normal spongioz vida uygulandı. Çubuklar, iliak plak ile S1 arasındaki uzaklığa uygun olacak şekilde, değişik uzunluklarda yaptırıldı. İliak plak tarafındaki tespit, plakın üst bölümünde ve yatay düzlemindeki birbirleriyle bağlantılı iki vida deliğinden uygun olanına yerleştirilen ve kompresyon yapabilecek somunlar aracılığıyla sağlandı (Şekil 4, 5 ve 6).

Tartışma

Sakroiliak eklem yaralanmalarından sonra, kalıcı eklem uyumsuzluğu ve kronik eklem instabilitesine bağlı olarak posttravmatik artrit ve rahatsız edici ağrı gelişebileceği bildirilmiştir.^[14,15] Matta ve Saucedo^[7] konservatif olarak tedavi ettikleri hastaların %54'ünde hatalı kaynama veya kaynamama geliştiğini bildirmişlerdir. Karmaşık ligamentöz ve kemik yapıya sahip olan bu bölgedeki yaralanmalarda, sakroiliak eklem uyumunun ve stabilitesinin açık redüksiyon ve internal fiksasyon ile sağlanabileceği belirtmiştir.^[1-19]

Posterior pelvik yaralanmalar, sakrum kırıkları, sakroiliak eklem kırıkları çıkıkları ve saf sakroiliak

dislokasyonlar şeklinde üç ana gruba ayrılır.^[15] Yaralanmaya iskion ve pubis kollarına ait kırıklar ile simfiz pubis ayrışması eşlik edebilir.^[1-5,7-16] Yaralanma tipine göre cerrahi yaklaşım planlanır. Çalışmamızda tasarımı yapılan plak-vida sistemi, özellikle saf sakroiliak dislokasyonlu olgularda kullanılmak üzere planlandı. Ancak uygulanan plakla, iliak kanat posteriordaki kırığın da tespit edilebileceği düşünüldü.

Sakroiliak eklem yaralanmalarında açık redüksiyon ve internal fiksasyon, anterior^[3,5,7,8,10,13,14,16] veya posterior^[1-12,14,15-19] yaklaşımla yapılabilir. Anterior yaklaşımla sakroiliak eklem direkt görüş altında redükte ve tespit edilebilir; ayrıca posterior yumuşak dokulardan uzak durularak potansiyel yara sorunu oluşturulmaz. Ancak, anterior yaklaşım geniş retroperitoneal yaklaşım gerektirir.^[2,7,13,14] Sakroiliak eklem kırıklarında indirekt redüksiyon sağlar. Eklem üst bölümünün görülerek değerlendirilmesi kolaydır. Ancak, plaklar yerleştirildiğinde eklem arka bölümü açık kalabilir.^[2,8] L5 ve S1 sinir köküne yakınlığı nedeniyle sinirde potansiyel olarak yaralanma riski vardır.^[2,8,13,16] Yapılan tespit, özellikle kranyal yönden etki eden streslere karşı zayıftır ve sakral kanatta kırık varsa anteriordan plak-vida uygulanamaz.^[8] Ebraheim ve ark.^[28] sakroiliak ekleme anterior yaklaşım uyguladıkları anatomik kadavra çalışmasında, pelvik kenarın 4 cm üzerindeki alanın L4 ve L5 sinirleri için güvenilir bölge olduğunu bildirmişlerdir. Sakroiliak eklem yaralanmalarında posteriordan açık redüksiyon uygulamaları görece basit ve daha güvenlidir. Sakroiliak eklem ve iliak kanat kırıklarında uygun ve yeterli cerrahi görüş sağlar.^[1,2,8] Posterior yaklaşımla uygulanan kesiler eklem arka bölümünü doğrudan gösterirken, eklem ön bölümünün değerlendirilmesi parmakla kontrolle, ancak dolaylı yoldan yapılabilir.^[5,8,13] Bu bölgede başka bir yumuşak doku yaralanması varsa posterior yaklaşımın riskli olduğu unutulmamalıdır.^[4,5,8,9,13,16] Pelvisin stabilizasyonu transilio-iliak yivli çubuklarla, trans-iliak-sakral-iliak çubuklarla, transilio-iliak rekonstrüksiyon plaklarıyla, double kobra plaklarla, ekstraartiküler plak-vida/çektirme vidalarıyla, transiliosakral vidalarla, S1 pedikül vidası-Galveston yöntemiyle, S1 pedikülioliak fiksasyonla ve trianguler yöntemleriyle sağlanabilir.^[1,2,4-19] Posterior yaklaşımlardan sonra kesi bölgesinde yumuşak dokuda nekroz ve enfeksiyon; sakrum kanadının üst korteksine veya anterioruna vida penetrasyonu sonucu superior gluteal arter, iliak damarlar, lumbosakral trunkus, sempatik

zincir ve sakral kök yaralanmaları oluşabilir.^[4,5,8,13,14,16,18,22-25] Licht ve ark.^[24] yaptıkları kadavra çalışmasında S1'e pediküler vida uygulamalarında ana iliak arter ve ven, sempatik zincir ve lumbosakral turunkus yaralanmaları; S2 ve S3 seviyelerinde pediküler vida uygulamalarında ise ana iliak ven, orta sakral arter, S1 ve S2 sinir kökleri, sempatik zincir ve rektum yaralanması gelişebileceğini ve bu nedenle sakral pediküler vida uygulamalarında ön korteksin geçilmemesi gerektiğini bildirmişlerdir. Başka anatomik çalışmalarda da sakral vida uygulamasının kolay olmadığı; anterior damar-sinir ve iç organ yaralanmalarının en aza indirilebilmesi için yeterli anatomik bilgiyle cerrahi tekniğin dikkatle uygulanması gerektiği belirtilmiştir.^[23,25] Tasarımı yapılan plak/transiliosakral vida uygulamasında, vidalar S1 ve S2 foramenlerinin lateralindeki kemik yapı içinde kalacak şekilde planlandığından, uygun aksta ve uzunlukta vida gönderilmesiyle sakral nöral ve çevredeki önemli yapılara zarar gelmeyeceği düşünüldü.

Posteriordan yapılan uygulamalarda, komplikasyonları azaltmayı hedefleyen başarılı bir girişim için, posterior iliumda vida gönderilecek noktaların doğru olarak belirlenmesi ve gönderimin uygun yönde yapılması önem taşımaktadır. Bazı çalışmalar "en elverişli vida uygulama/giriş noktası" olarak SİPS'nin 2.5 cm lateralini ve büyük siyatik çentiğinin 2.5 cm yukarısını önermişlerdir.^[5,26] Ebraheim ve ark.^[29] çalışmasında ise, S1'e gönderilecek tek ili-osakral vida için, sagittal planda iliak kristanın arka sınırının 3-3.5 cm önü ile büyük siyatik çentiğinin 3.5-4 cm yukarısı tanımlanmıştır. Kraemer ve ark.^[6] ile Matta ve Saucedo^[7] posterior iliak kanatın dış yüzü üzerindeki gluteal kristanın 1.5 cm önünde, iliak krista ve siyatik çentiği birleştiren doğrunun orta noktasını, S1'e gönderilecek vida için giriş yeri olarak uygulamışlardır. Lateral sakral kitlenin posterior iliumun dış korteksindeki izdüşümünü değerlendiren Xu ve ark.^[26] bu alanı, tabanı büyük siyatik çentik ile SİPİ arasındaki üst kenardan ortalama 5.4 mm (4-7 mm) yukarıda; ortalama taban uzunluğu 56.8 mm (48-61 mm) ve taban orta noktasından çizilen ortalama yüksekliği 61.4 mm (54-70 mm) olan ikiz-kenar üçgen şeklinde tanımlamışlar; tabanın orta noktasından dik olarak çıkılan doğrunun, transiliosakral vida göndermek için güvenilir ve uygun alan olduğunu belirtmişlerdir. Bu doğru, SİPS'den ortalama 30 mm (25-40 mm), SİPİ'den ortalama 27.4 mm (23-31 mm) anteriorda olan bir uzaklığa uymaktadır.

Bu alandan distalden vida gönderilmesi durumunda, sakral alanın konkavitesinden dolayı vidanın frontal planda horizontal yönde gönderilmesi gerektiğini; superiordan gönderilecek vidaların, bu bölgenin eklem dışı olması nedeniyle horizontal veya hafif öne yönlendirmelerle eklem zarar vermeden uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Borrelli ve ark.^[2] ile Tile^[14] güvenilir, riski az bölge olarak lateral sakral kitleyi tanımlamışlardır. Mirkoviç,^[30] lateral sakral kitlenin anatomik izdüşümüne göre çok anteriordan vida uygulamanın, sakrumun anterior konkavitesi nedeniyle anterior intrapelvik yapılar için kaçınılmaz bir risk olduğunu; ayrıca, bu projeksiyonun üst bölümünün eklem dışı yapıda olması ve ligamentöz yapılar nedeniyle bu bölgeye gönderilen vidaların biyomekanik olarak yeterli stabilite sağlamayabileceğini belirtmiştir. S2 seviyesinde ise, iliumun lateral yüzünden sakral kanala olan uzaklık ortalama 55.2 mm (49.5-60 mm) olarak belirlenmiş ve vidanın sakrum uzun eksenine 90 derece dik, ilium dış korteksinde öne 60 derece eğimle gönderilmesi önerilmiştir.^[31] Çalışmamızda değerlendirdiğimiz sakroiliak eklemi oluşturan eklem yüzeylerinin/fasies aurikularisin posterior iliak kanat üzerindeki izdüşümünde, Sİ-Pİ'den taban uzunluğunun orta noktası olan ortalama 26.6 mm (22-31 mm) ve SİPS'den ortalama 28.1 mm (24-32 mm) olan uzaklık, Xu ve ark.nın^[26] tanımladığı güvenilir alana benzemektedir. Eklem yüzlerinin yüksekliği olarak ölçtüğümüz değerler, lateral sakral kitlenin eklem dışı alanının/tuberositas sakralisin içinde kalmaktadır. Plak üzerinde transili-osakral vida uygulamak için açılmış vida deliklerinin üst sınırlarının plak alt dış kenarına olan uzaklıkları, uzunlukları 49 ve 55 mm olan plaklarımızda sırasıyla 30 ve 36 mm'dir. Bu değerler, yukarıda tanımlanan eklem yüzü yüksekliklerinin tuberositas sakralis içindeki alana uymaktadır. Plagımızın genişliği 28 mm olduğu için, bu doğru üzerine yerleştirildiğinde, plak 14 mm ön ve arkaya taşmaktadır; plaktaki vida delikleri dışındaki uzaklığın 5.5 mm olduğu düşünülürse, vidalar güvenilir orta hattan 8.5 mm ön ve arkada yer almaktadır. Ayrıca plagın, büyük siyatik çentik üst-arka kenarından anatomik özelliklere göre değişmek üzere 5-10 mm yukarıya yerleştirildiği uzaklık ile ilk deliklerin plak kenarına uzaklığı olan 5.5 mm eklendiğinde, deliklerin bu kenardan 10.5-15.5 mm yukarıda kaldığı görülmektedir. Plagın yerleştirildiği alan ve birbirleriyle bağlantılı vida delikleri, yukarıda diğer yazarlarca S1 ve S2

pediküler uzaklıkları için vida uygulamada uygun giriş noktası olarak tanımlanan noktalara benzerdir. Plagın deliklerinden, S1 ve S2 foramina lateralinde kalacak şekilde kısa vida gönderildiğinde, sakrumda kemik yapı dışına çıkılmamaktadır.

Uygulanan vidanın stabilitesini değerlendirmek, uygulandığı alanın kemik gücü ve uygulama derinliğiyle ilgisini araştırmak için biyomekanik anatomik çalışmalar yapılmıştır. Zindrick ve ark.^[32] 4.5 mm kortikal ve tümü yivli 6.5 mm'lik spongioz vidalarla yaptıkları biyomekanik çalışmada, vertebra cisminin %50 derinliğine ve korteksi geçmeyecek şekilde anterior korteksine kadar gönderilen vidaların stabilitesinde anlamlı fark olmadığını; korteksi geçen vidalarda, korteksi geçmeyenlere oranla anlamlı derecede kuvvetli yapı saptadıklarını; kortekse kadar gönderilen spongioz vidanın kortikal vidaya oranla vertebra cismindeki spongioz kemik içinde daha iyi tutunum sağladığını; korteksi geçen büyük çaplı vida kullanıldığında sıyrma kuvvetinin %32 arttığını bildirmişlerdir. Aynı yazarlar tarafından, sakral bölgede S2 pedikülünün en kötü sıyrma değerlerine sahip olduğu; sakral kanata doğru 45 derece laterale veya S1 pedikülünde mediale yönlendirilecek vidaların daha kuvvetli tutunum sağladığı belirtilmiştir. Kraemer ve ark.^[6] kadavra pelvisleri üzerinde iliosakral olarak uyguladıkları, 70 mm uzunluk, 16 ve 32 mm yiv uzunluklu kanüle spongioz vidalarla yaptıkları biyomekanik çalışmada, sakrum cisminde gönderilen uzun yivli vidanın sakrum kanadına ve cisminde gönderilen kısa yivli vidalardan daha fazla; sakrum cisminde gönderilen kısa yivli vidanın sakrum kanadına gönderilen kısa yivli vidadan daha fazla çekme kuvvetine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan anatomik çalışmalarda, S1 cismi düzeyindeki kemik yoğunluğunun sakrum kanadından %60 daha fazla olduğu gösterilmiş; vida fiksasyonu kemik yoğunluğuyla yakın ilişkili olduğu için S1 cisminde gönderilen vidaların sakrum kanadına gönderilenlerden daha iyi tespit sağladığı belirtilmiştir.^[22] Peretz ve ark.nın^[33] çalışmaları, sakral cisimlerin trabeküler yapısının son plaklarda (end plate) daha fazla olmak üzere yoğun, sakral kanat trabeküler yapısının ve kemik yoğunluğunun daha az olduğunu doğrulamaktadır. Ancak, sakral kanada gönderilen vidalar damar sinir yaralanması açısından daha güvenliken, sakrum cisminde gönderilenler daha fazla komplikasyon riski taşımaktadır.^[2,14,26] Tasarımını yaptığımız plak üzerindeki birbirleriyle bağ-

lantılı vida deliklerinden, sakral foramenlerin lateralinde kalacak şekilde spongioz vida uyguladık (Şekil 5 ve 6). Vida uzunlukları bölgesel iliak kanat dış yüzü ile sakral foramina arasındaki uzaklığa göre hesaplandığında, bu bölgede iliak kanadın tüm bölgeler için ortalama kalınlığı 19.2 mm (14-28 mm), lateral sakral kitlenin S1 ve S2 için genel ortalama genişliği (foramenlerin dış kenarıyla eklem yüzünün kenarları arasındaki uzaklık) 21.7 mm (16-32 mm) bulundu. İliak kanat kalınlığını geçtikten sonra ölçülen bu değere, S1 ve S2 için genel ortalama kalınlık değerinin en alt sınırı olan 16 mm'nin altında bir değer olan 15 mm eklenerek bulunan uzunluktaki vidaların lateral sakral kitle içinde kalacağını ve yeterli stabilizasyon sağlayacağını düşündük. (Stabilizasyonun gücü üzerine biyomekanik çalışma yapılması gerektiğine inanıyor ve planlıyoruz.) Lateral sakral kitlenin kemik yoğunluk ve gücü S1 cisminin kemik yapısına göre daha zayıf olmakla birlikte^[22,33] plak üzerinden ikiden fazla vida gönderilebileceğinden, sakral foramenlerin yanında kalacak veya pediküler bölgeye uzanmayacak şekilde kısa spongioz vida göndermeyi planladık. Anatomik değişkenlikler nedeniyle ameliyat öncesi yapılacak BT kesitlerindeki ölçümler uygun vida boyunu hesaplamada yardımcı olacaktır. S1 cismine doğru medial yönde gönderilen, tercihen oynar başlı (multiaksiyel) transpediküler vida ve plak arasına uygulanacak birer yüzü yivli çubuk aracılığıyla gerektiğinde kompresyon yapılabilecek (Şekil 4 ve 5) veya pediküle uyan kısmında, içinden spongioz vida geçecek şekilde (plak görevi yapabilecek şekilde) genişletilmiş benzer çubuk da ara bağlantıyı sağlayacaktır (Şekil 4 ve 6). Özellikle zayıf kişilerde, plak ve vida başının yüksek profil oluşturmasından kaçınmak için baş kısmı düzleştirilerek alçaltılmış düşük profilli vidalar (Şekil 4) kullanılabilir. İki taraflı yaralanmalarda, sistem her iki tarafta ayrı ayrı uygulanabileceği gibi gerektiğinde bir bağlantı sistemiyle birleştirilebilir. Sistemi uygulamak için iliak kanatlar üzerinde geniş bir görüş alanı gerekmesi ise bir dezavantaj olarak kabul edilebilir.

Prassopoulos ve ark.^[34] sakroiliak eklemi değerlendirmek amacıyla pelvik BT ile yaptıkları çalışmada, normal durum dışında altı tip anatomik çeşitlilik saptamışlardır. Ameliyat öncesi aksiyel BT kesitleri sakroiliak bölgedeki anatomik farklılıklar ve kemik yapıların farklılığı açısından incelenebilir; plağın yerleştirileceği bölge, vidaların giriş yerleri ve yön-

leri, bu bölgedeki kemik yapının kalınlığı ile gönderilecek vidanın derinliği/uzunluğu belirlenebilir. Böylece olası komplikasyonlar en alt sınırdaki tutulacaktır.^[17,26,29-31]

Sonuç olarak, lateral sakral kitlenin posterior iliak kanat üzerindeki izdüşüm bölgesine yerleştirilen plak üzerinden, S1 ve S2 düzeylerinde sakral foramina lateralinde kalacak şekilde, sakral nöral ve çevredeki önemli yapılara zarar vermeksizin çoklu vida uygulanabilir. Sakral foramina dış duvarı ile aynı seviyede iliak kanat dış duvarı arasındaki uzaklık ameliyat öncesi BT kesitlerinin incelenmesiyle bulunabilir ve uygun vida boyu hesaplanabilir. Plak/vida sisteminin pediküler vida ile kombine edilmesiyle stabil bir tespit sağlanabilir.

Teşekkür

Tasarımı oluşturulan plak, vida ve çubukların yapımının her aşamasında ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Hipokrat Tıbbi Malzemeler İmalat ve Pazarlama A.Ş. ile morfolojik değerlendirmeler için kuru kemik örneklerinden yararlandığım İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı'na teşekkür ederim.

Kaynaklar

1. Abumi K, Saita M, Iida T, Kaneda K. Reduction and fixation of sacroiliac joint dislocation by the combined use of S1 pedicle screws and the galveston technique. *Spine* 2000;25:1977-83.
2. Borrelli J Jr, Koval KJ, Helfet DL. Operative stabilization of fracture dislocations of the sacroiliac joint. *Clin Orthop* 1996; (329):141-6.
3. Cole JD, Blum DA, Ansel LJ. Outcome after fixation of unstable posterior pelvic ring injuries. *Clin Orthop* 1996;(329):160-79.
4. Ebraheim NA, Coombs R, Jackson WT, Rusin JJ. Percutaneous computed tomography-guided stabilization of posterior pelvic fractures. *Clin Orthop* 1994;(307):222-8.
5. Kellam JF, McMurtry RY, Paley D, Tile M. The unstable pelvic fracture. Operative treatment. *Orthop Clin North Am* 1987; 18:25-41.
6. Kraemer W, Hearn T, Tile M, Powell J. The effect of thread length and location on extraction strengths of iliosacral lag screws. *Injury* 1994;25:5-9.
7. Matta JM, Saucedo T. Internal fixation of pelvic ring fractures. *Clin Orthop* 1989;(242):83-97.
8. Matta JM, Tornetta P 3rd. Internal fixation of unstable pelvic ring injuries. *Clin Orthop* 1996;(329):129-40.
9. Nelson DW, Duwelius PJ. CT-guided fixation of sacral fractures and sacroiliac joint disruptions. *Radiology* 1991;180:527-32.
10. Routh ML Jr, Simonian PT, Swionkowski MF. Stabilization of pelvic ring disruptions. *Orthop Clin North Am* 1997;28:369-88.
11. Shaw JA, Mino DE, Werner FW, Murray DG. Posterior stabilization of pelvic fractures by use of threaded compression rods. Case reports and mechanical testing. *Clin Orthop* 1985; (192):240-54.

12. Simonian PT, Roult ML Jr. Biomechanics of pelvic fixation. *Orthop Clin North Am* 1997;28:351-67.
13. Simpson LA, Waddell JP, Leighton RK, Kellam JF, Tile M. Anterior approach and stabilization of the disrupted sacroiliac joint. *J Trauma* 1987;27:1332-9.
14. Tile M. Pelvic ring fractures: should they be fixed? *J Bone Joint Surg [Br]* 1988;70:1-12.
15. Tornetta P 3rd, Matta JM. Outcome of operatively treated unstable posterior pelvic ring disruptions. *Clin Orthop* 1996;(329):186-93.
16. Failinger MS, McGanity PL. Unstable fractures of the pelvic ring. *J Bone Joint Surg [Am]* 1992;74:781-91.
17. Vanderschot P, Meuleman C, Lefevre A, Broos P. Trans iliac-sacral-iliac bar stabilisation to treat bilateral lesions of the sacro-iliac joint or sacrum: anatomical considerations and clinical experience. *Injury* 2001;32:587-92.
18. Schildhauer TA, Josten C, Muhr G. Triangular osteosynthesis for unstable sacral fractures. *Orthop Traumatol* 2001;9:24-38.
19. Şar C. Sakroiliak kompleksin instabilitelerinde S1-pediküloiliak fiksasyon. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2001;35:175-8.
20. Arazi M, Kutlu A, Tarakçıoğlu N, Mutlu M. Stabil olmayan pelvis kırıklarının tedavisinde Selçuk tipi pelvis eksternal fiksator uygulamaları (Klinik ve biomekanik çalışma). *Acta Orthop Traumatol Turc* 1995;29:299-305.
21. Slatits P, Karaharju EO. External fixation of unstable pelvic fractures: experiences in 22 patients treated with a trapezoid compression frame. *Clin Orthop* 1980;(151):73-80.
22. Templeman D, Schmidt A, Freese J, Weisman I. Proximity of iliosacral screws to neurovascular structures after internal fixation. *Clin Orthop* 1996;(329):194-8.
23. Esses SI, Botsford DJ, Huler RJ, Rauschnig W. Surgical anatomy of the sacrum. A guide for rational screw fixation. *Spine* 1991;16(6 Suppl):S283-8.
24. Licht NJ, Rowe DE, Ross LM. Pitfalls of pedicle screw fixation in the sacrum. A cadaver model. *Spine* 1992;17:892-6.
25. Mirkovic S, Abitbol JJ, Steinman J, Edwards CC, Schaffler M, Massie J, et al. Anatomic consideration for sacral screw placement. *Spine* 1991;16(6 Suppl):S289-94.
26. Xu R, Ebraheim NA, Douglas K, Yeasting RA. The projection of the lateral sacral mass on the outer table of the posterior ilium. *Spine* 1996;21:790-4.
27. Ferner H, Staubesand J (editors). *Sobotta/Becher Atlas der Anatomie des Menschen*. [Sobotta/Becher insan anatomisi atlası. çeviren Arıncı K]. Vol. 1, 17. baskı. Münih: Urban&Schwarzenberg; 1973.
28. Ebraheim NA, Padanilam TG, Waldrop JT, Yeasting RA. Anatomic consideration in the anterior approach to the sacroiliac joint. *Spine* 1994;19:721-5.
29. Ebraheim NA, Xu R, Biyani A, Nadaud MC. Morphologic considerations of the first sacral pedicle for iliosacral screw placement. *Spine* 1997;22:841-6.
30. Mirkovic S. Point of view: the projection of the lateral sacral mass on the outer table of the posterior ilium. *Spine* 1996;21:795.
31. Cecil ML, Rollins JR Jr, Ebraheim NA, Yeasting RA. Projection of the S2 pedicle onto the posterolateral surface of the ilium. A technique for lag screw fixation of sacral fractures or sacroiliac joint dislocations. *Spine* 1996;21:875-8.
32. Zindrick MR, Wiltse LL, Widell EH, Thomas JC, Holland WR, Field BT, et al. A biomechanical study of intrapeduncular screw fixation in the lumbosacral spine. *Clin Orthop* 1986;(203):99-112.
33. Peretz AM, Hipp JA, Heggeness MH. The internal bony architecture of the sacrum. *Spine* 1998;23:971-4.
34. Prassopoulos PK, Faflia CP, Voloudaki AE, Gourtsoyannis NC. Sacroiliac joints: anatomical variants on CT. *J Comput Assist Tomogr* 1999;23:323-7.