

TORAKS DUVARI YARALANMALARI VE YELKEN GÖĞÜS

Yrd. Doç. Dr. Serdar ŞEN

Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, Aydın, Türkiye

e-mail: drserdarsen@yahoo.com, ssen@adu.edu.tr

Kazalara bağlı ölümler içinde trafik kazaları birinci sıradadır. Trafik kazalarının oluşturduğu yaralanmalar içinde göğüs yaralanmaları kafa travmalarının ardından ikinci sırada gelmektedir (1). Toraks yaralanmaları basit kot fraktürlerinden; intratorasik organ yaralanmaları kadar geniş bir yelpazede karşımıza çıkabilmektedir (2,3). İki kostadan fazla kırığın varlığı ciddi bir yaralanma göstergesidir. Yelken Göğüs künt toraks travmalarının en ciddi grubunu oluşturmaktadır (Tablo 1) (1,4).

Trafik kazalarında künt toraks travmasının sıklığı %70-80 düzeyindedir (1). Doğa ve spor yaralanmaları, yüksekten düşmeler diğer nedenler arasında sayılabilir. Travma nedeniyle acil servislere başvuran olguların %4-10'unu kot kırıklı olgular oluşturmaktadır (4,5). Kosta kırıkları göğüs travmalarının %35-40'ında görülürken, göğüs travmalarının %10-15'i yelken göğüs ile sonuçlanabilir (1,6). Yelken

göğüs olgularında mortalite %10-40 olarak belirtilmektedir (4). Yüksek mortalite hızında toraks dışı ciddi sorunlar da rol almaktadır (4,7). Yelken göğüs bilateral ve 65 yaş üzerinde ise durum tehlikelidir (2,4,8).

Emniyet kemerleri ve hava yastıklarının kullanımının yaygınlaşması ile göğüs duvarında yaralanma olayları artmıştır (4). Literatürde sternum kırıklarında cerrahi stabilizasyon, kot kırıklarına göre daha ender olarak rapor edilmektedir (9,10). Olguların ağrı yakınmaları stabilizasyon ile birlikte belirgin olarak azalmakta ve eğer mekanik ventilatör desteğindeyseler hızla düzelmektedirler (11). Olgulardaki hastanede kalış süresinin kısalması da diğer bir avantajdır. Operatif stabilizasyon sternal yada kot kırıklarının daha hızlı iyileşmesini sağlamak ve özellikle şiddetli ağrılı olgularda ağrının yok olmasını sağlayabilmektedir (11). Pulmoner kontüzyon ve uzayan mekanik ventilasyon ile trake-

Tablo 1. Kısaltılmış göğüs travma skoru (4)

Yaralanma Skoru	Şiddet	Yaralanma Tanımı
1	HAFİF	Kosta zedelenmesi, kırığı yada sternum zedelenmesi.
2	ORTA	2-3 kosta kırığı, stabil çoklu Kosta kırığı yada tek parçalı sternum fraktürü
3	CİDDİ (Yaşam tehlikesi YOK)	Açık, yer değiştirmiş, parçalanmış 3'ten az kosta kırığı ve stabil göğüs
4	CİDDİ (Yaşam tehlikesi VAR)	Yelken Göğüs (stabil olmayan göğüs duvarı)
5	TEHLİKELİ	Şiddetli yelken göğüs (mekanik ventilatör tedavisi gerekliliği)

obronşial kolonizasyon ve pnömoni ile sonuçta sepsis olguları bekleyen kötü senaryolardır. Hava yastıklarının ve emniyet kemerlerinin hayat kurtarıcılığı tartışılmazdır ancak sternum kırıklarının artışına neden olduğu bir başka gerçektir. Yelken göğüs olguları travma skorlama sistemlerinde sürekli en ciddi ve en kritik düzeyde olgular olarak değerlendirilmektedir (4).

Tanım

Yelken göğüs "Flail Chest" göğüs duvarının anterior yada lateralinde en az dört kaburganın en az iki yerinden kırılması, parçalı sternum kırıkları ve/veya kostokondral eklem ayrışması sonucunda meydana gelir (12).

Fizyopatoloji

Yelken göğüs durumunda etkilenen parça hangi boyutta olursa olsun hiçbir kemik yapı ile bağlantısı kalmamıştır (10). Bilateral çok sayıda kot yada anteriorda kırıldık alanlardaki kırıklar sonunda sternumda meydana gelen tutarsızlık "sternal flail" ile sonuçlanır (12,13). Tipik olarak kırık segment soluk alırken içe, soluk verirken ise dışa doğru hareket eder ve bu durum "paradoksal hareket -yelken göğüs-" olarak adlandırılır (10,12,13). Yaşamı tehdit eden fizyopatolojik değişikliklerin olması olguların klinik durumunu hızla kötüleştirebilir. Yelken göğüste hemodinamiyi etkileyen en önemli fizyopatolojik durum mediastinumun sallanması olarak tanımlanan "Mediastinal Flatter"dır. Mediastinal Flatter durumunda olgularda toraks duvarındaki paradoksal hareket pnömotoraks olsun yada olmasın superior ve inferior vena kavalarda bükülmelere neden olur. Sonuçta kalbe gelen kanın azalması ile kardiyak output düşer ve olgularda hipotansiyon, senkop ve ani kardiyak arrest gelişebilir (2). Paradoksal hareket ile akciğer üzerine baskı oluşur ve bu alanda ekspansiyon engellenir. Fonksiyonel rezidual kapasite düşer ve "alveolar kollaps-atelektazi-hipoksi/hipoksemi" ile sonuçlanır. Alveollerde fonksiyon olmadığı için sağ kalbin pompaladığı venöz kan, sol kalbe döner ve oksijenlenmeden perifere atılır. Bu duruma a-v shunt olarak adlandırılır. Akciğer kontüzyonu durumunda etkilenen alanda kanama ve ödem yaralanmayı izleyen 24 saatte yayılma gösterir (2,10).

Akciğer parankiminin travmatize olması mortalite üzerinde maalesef çok etkilidir. Tek başına %16-20 olan akciğer kontüzyonu mortalitesi, yelken göğüs ile birlikteliği durumunda mortalite oranları %40'ın üzerine çıkabilmektedir.

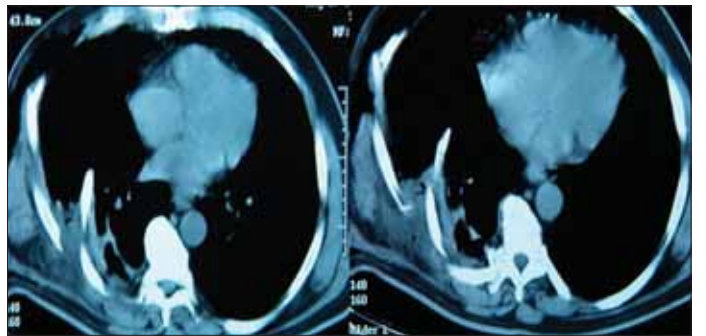
Yelken göğüs olgularında karşılaşılan akciğer komplikasyonları pnömotoraks, hemotoraks, pulmoner kontüzyon, pnömoni, atelektazidir (14). Mortalite sıklıkla çoklu organ yetmezliği ve sepsis neticesinde olmaktadır. Yelken göğüs olgularının %75'i mekanik ventilatör tedavisine gereksinim gösterir (4).

Radyolojik Tanı ve Fizik Bakı

Yelken göğüsün tanısı solunum siklusunun tam olarak gözlemlendiği tam bir fizik muayene ile konur. Şok halinde ve solunumu yüzeyselleşmiş bir olguda paradoks hareket belirgin olmayabilir. Göğüs duvarının muayenesi sırasında bu bağımsız alanın asimetrik hareket göstermesi ve palpasyonda kırık uçlarının sürtünmesine bağlı krepatasyon ve krakman hissedilmesi tanıda yardımcıdır.



Resim 1. Olgunun PA Akciğer grafisinde sağ hemitoraksda 2. ve 10. kotlarında izlenen multiple kot fraktürleri ve toraks duvarının bütünlüğünün kaybolmasının görünümü. Olguda sağda pulmoner kontüzyon ve hemopnömotoraks durumu görülmektedir



Resim 2. Olgunun Toraks BT incelemesinde kırık kotların akciğer parankimine saplanmış oldukları ve kırıkların ana vasküler yapılarla olan yakınlığı görülmektedir

PA akciğer grafisinde kırıkların kolaylıkla görülebilmesine karşın kırıkardak kaburgalardaki kırıklar radyolojik olarak görünmeyebilirler (Resim 1).

Akciğer kontüzyonu, PA Akciğer grafisinde sıklıkla stabilizasyonu bozuk bağımsız alanın komşuluğundaki akciğer alanlarında görülür. Toraks CT incelemede ve olguların takibinde en sık başvuru radyolojik incelemedir. Hemotoraks ve pnömotoraks varlığının, ana vasküler yapıların, torakal vertebraların, trakeobronşial sistemin devamlılığının, diafragma bütünlüğünün gösterilmesi için değerli bir incelemedir (4,12) (Resim 2).

Tedavi

Günümüzde yaygın tercih yelken göğüs için mekanik ventilatör ile internal pnömotik stabilizasyondur (4,10,12,13). Operasyon dışı tedavi yöntemleri arasında dıştan bandajlama, kum torbası ile bası uygulaması, yaralı tarafın üzerine hastanın yatırılması gibi pozisyonel önlemler mevcuttur. İlk kez 1950'de dikiş ile fiksasyon denenmiş ve 1956'da intramedüller çivilemede başarılı olunmuştur (5,9,13,15). 1960 ve 1970'lerde az sayıda cerrah tarafından mekanik ventilatör tedavisinin başarısız olduğu internal pnömotik stabilizasyon denemesi durumlarında cerrahi fiksasyondan fayda elde edilmiştir (9,13). Eksternal sabitleme yatak istirahatinin uzun sürmesi, düzelmenin ancak uzun bir süreçte gerçekleşebiliyor olması nedeniyle günümüzde tartışılan bir uygulama olmuştur. Son yıllarda internal stabilizasyonun yetersiz kaldığı durumlarda operatif seçenekler daha ön plana gelmektedir. Ancak seyrek olgular küçük seriler halinde yayınlanabilmiştir (9,14).

Erken stabilizasyon için en sık kullanılan yöntem mekanik ventilasyondur. Bağımsız alanın altındaki akciğer dokusu ventilasyona katılamaz ve hipoksik durum giderek derinleşir. Solunum yetmezliği gelişecek olursa başvurulması gereken yegâne seçenek mekanik ventilasyondur. Göğüs duvarındaki bu bağımsız alanın acil olarak stabil edilmesi yada mekanik solunuma geçilerek kazazedenin solunum döngüsü kontrol altına alınması temel hedef olmalıdır. İnternal pnömotik stabilizasyon olarak adlandırılan işlem ol-

gulara en az 3 hafta süre ile paradoksal hareket sonlanana kadar yani fibröz stabilizasyon oluşana kadar uygulanmalıdır (1,2,4,16).

Mekanik ventilatör tedavisi endikasyonları olarak solunum sayısının 35'ten fazla olması, PCO₂ 45mmHg'dan yüksek olması, normalde 50-75mmHg olan alveolo-arterial oksijen farkının 350 mmHg'nın üzerinde olması ve %5'in altında olan normal shuntın %15'ten fazla olması olarak sayılabilir (Tablo 2) (4).

Paradoksal hareketin kesilmesi ile olgularda ventilasyon modu CMV (kontrollü mekanik ventilasyon)'den SIMV (senkronize intermitant mekanik ventilasyon)'ye geçilebilir (4). Trakeostomi; erken weaning sağlamak ve olası entübasyon zararları açısından erken dönemde yapılmalıdır (11,14). Uzayan mekanik ventilasyon ile ventilatör ilintili pnömoni gibi pulmoner enfeksiyonlar, septisemi ve barotrauma gibi komplikasyonların riski artar. Kot fraktürlerinde acil toraks duvarı rekonstrüksiyonu pek çok olguda gerekli görülmeyen bir durumdur (6,11,13,17). Eğer olgularda torakotomi uygulanacak ise kot kırıklarının stabilizasyonu yapılabilir. Ender karşılaşılan, tüm toraksı içeren travmatik deformitelerde, tutarsız solunum dinamiği varlığında, akciğer yada diafragma zedelenmesinde ve uzamış mekanik ventilasyon durumunda cerrahi tek seçenektir (4). Bazı yazarlar kronik ağrı varlığında cerrahi düzeltmeyi öngörmekle birlikte olgu sayısı bu grupta da azdır. Yelken göğüsün klasik tedavisinde ağrı kontrolü ve solunum fizyoterapisi yer alır. Devamlı epidural analjezi ile başarılı ağrı kontrolü yanında yoğun bakımda kalma süresi kısaltılmakta, hastanede yatış süresi belirgin azaltılabilmektedir (1,2,20). Etkin bir ağrı tedavisi ile trakeobronşial temizliğin sağlanması ve inhaler tedaviler konunun önemli unsurlarıdır (17,18).

Cerrahi Tedavi

Kot kırıklarında girişimsel işlemler, henüz fikir birliğine varılamamış karmaşık bir konudur (19). Potansiyel endikasyonlar arasında ilk sırada yelken göğüs durumu gelmektedir. Kronik ağrı ve kalıcı toraks duvarı deformiteleri diğer endikasyonlardır (13). Yelken göğüs durumu; ünilateral-

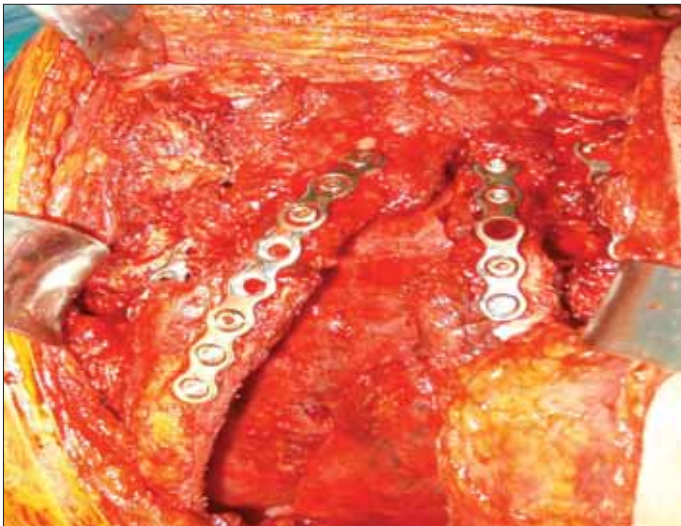
Tablo 2. Mekanik ventilatör tedavi endikasyonu (4)

Parametre	Normal	Ventilatör Endikasyonu
Solunum Sayısı	12-20	>35
CO ₂	35-40mmHg	>45mmHg
Maksimum Zorlu İnspiratuvar Basınç	75-100 cmH ₂ O	<-25 cmH ₂ O
Vital Kapasite	65-70 mL/kg	<10-15 mL/kg
Alveolo-arterial oksijen basınç farkı	50-75 mmHg	>350 mmHg
Şant	<%5	>%15

bilateral-sternal flail olarak tanımlanmaktadır. Postravmatik ağrı cerrahi gereklilik için önemli bir endikasyondur (13). Kronik dönemde tek başına endikasyondur denilebilir. Başarılı tedavide amaç çökmüş olan segmentin kaldırılması ve defektin düzeltilmesidir. Landinois ve arkadaşları tarafından cerrahi stabilizasyon için 4 endikasyon tanımlanmıştır (8).

1. Agresif medikal tedaviye rağmen önlenemeyen solunum yetmezliği,
2. Toraks duvarının ön ve yan kısmını kaplayan geniş yüzeyli yelken göğüs durumu,
3. Ventilator tedavisini sonlandırmadaki başarısızlık,
4. Başka bir endikasyon nedeni ile yapılan torakotomi durumudur.

Erken cerrahi stabilizasyon şiddetli pulmoner kontüzyonun bulunmadığı, solunum yetmezliğinin olmadığı seçilmiş yaşlı olgularda endikedir. İşlem ile pek çok komplikasyon engellenmiş olmakla beraber olguların tedavi giderlerinde azalma anlamlı derecededir (11,14,15). Girişim ilk 36-48 saat içerisinde önerilmekle birlikte bu süre 5 güne kadar uzatılabilir. Akciğer herniasyonları oldukça önemli bir klinik durumdur, olguların %50'si travmaya bağlıdır ve cerrahi tamir bu olgularda gereklidir (4). Akciğer dokusu bütünlüğü bozulmuş olan interkostal aralıktan kasların arasına yâda cilt altına fitiklaşır. Spontan gerileme çoğunlukla çocukluk çağındaki yaralanmalardan sonra görülebilir. Aksi durumda defekt prostatik bir yama yâda kas flebi ile kapatılmalıdır (4). 10x10cm den büyük paradoksal hareket alanı olan olgularda sonrasında olası akciğer herniasyonu nedeniyle olgular mekanik ventilasyon tedavisine gerek duymasalar bile cerrahi explorasyon ve stabilizasyon önerilmektedir (2).



Resim 3. Olgunun 4. 5. 6. ve 7. kotlarının AO-ASIF osteosentez plağı ile rekonstrüksiyonunun intraoperatif görünümü

Stabilizasyon için kirchner çivileri, tel dikişler, intramedüller çiviler, zimbalar ve çeşitli özellikte plaklar kullanılabilir (4,5,12). AO-ASIF (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen [Association for the Study of Internal Fixation]) osteosentez plağı ile kotların devamlılığı başarılı ve sorunsuz olarak sağlanabilir (12,13,15) (Resim 3). Titanyum plakların kullanımı ise daha kolay ve sağlamlılıkları bir üstünlüktür (19). Son yıllarda geliştirilmiş olan U-plate ile kot kırıklarının stabilizasyonu interkostal alana daha az zarar vermesi, daha az doku disseksiyonu gerektirmesi ve kolaylıkla uygulanması nedeni ile tercih olunmaktadır. Türkçe literatürde kullanımı konusunda henüz yayın saptanmamıştır. Emilebilir plakların kullanımında önerilmekle beraber ekonomik dezavantajlarının yanında tekrardan cerrahi girişim istememesi bir avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır (20).

Plak kırığın iki yanına en az 2 kortikal vida ile stabilize edilir. Kırıkların uçları kürete edilerek canlandırılmaktadır. Ölü dokular ve nekrotik materyal, kemik, kas, deri ve yabancı cisimler uzaklaştırılmalıdır. Konkavitesi verilmiş plak kotun uzun eksenini boyunca toraksın dış yüzünde periosta yaslanmış olarak implante edilir (5,12,13,14) (Resim 3).

Eğer kemik yapıları yeterli sağlamlıkta değil ve osteoporoz söz konusu ise plak tüm deliklerinden vida ile sabitlenmelidir (15). Çelik serkölaj telleri ile plak stabilizasyonu desteklenmelidir (19). Tüm kotların plaklanması gerekli değildir. Stabilize olmuş ve komplikasyon yaratmayan kırıklar olduğu şekilde korunmalıdır (5,12). Tekrardan kırık stabilizasyon önerilmemektedir. Birbirini izleyen 3-4 kırık stabilize edilerek yelken göğüs durumu ortadan kaldırılmalıdır. Bu durum tam düzelle için yeterlidir

İlk iki kotta olası sinir ve damar yaralanmasının önüne geçmek için rekonstrüksiyon önerilmemektedir. Serkölaj teli ve Judet zimbalarını ile kot yatağındaki nörovasküler yapının kalıcı zararı söz konusu olduğu için kalıcı interkostal ağrı oluşabilir (13). Hangi teknikle olursa olsun interkostal nörovasküler kompartman kesinlikle iyi korunmalıdır. İntramedüller çiviler ise migrasyon göstererek farklı komplikasyonlara neden olabilirler (4).

Cerrahi onarım uygulanan ciddi ve tam endikasyonlu yelken göğüs olgularında birkaç günlük ek ventilatör tedavisinden sonra iyileşme belirgin hızlıdır. Bu olgularda yoğun bakımda olası pnömoni gelişimi insidansı belirgin düşüktür. İlk 6 ayda solunum fonksiyon testlerinin kötü olması söz konusudur ancak sonrasındaki tama yakın düzelle ve çalışma hayatına erken dönüş oranı belirgin yüksektir (13).

Kot kırığının birleşmemesi (nonunion)

Kot kırıklarında en az görülen, bir geç komplikasyondur. Ancak yelken göğüste cerrahi girişim için endikasyon oluşturabilir. Aylar sonra görülebilir. İzlemin 2. ayında Toraks CT incelemesinde pataoloji sürüyor ise önerilmektedir. Kırık kotlar fibröz kapsülleri ile stabilize olsalar bile eklemleşme göstermeyebilirler. Girişim sırasında kırık uçları canlandırılmalı ve gerekli materyal ile bir araya getirilmelidirler (12,13,15).



Resim 4. Olgunun postoperatif dönemdeki kontrol PA Akciğer grafisi



Resim 5. Olgunun rekonstrüksiyon uygulanmış 4. 5. 6. 7. ve 8. kotların postoperatif dönemde çekilmiş yan akciğer grafisi

Bir başka neden ile torakotomi

Açık pnömotoraks, akciğer parankimal yaralanma, gecikmiş hemotoraks, diafragma rüptürü gibi sebeplerden dolayı bir torakotomi uygulanmış ise olgularda yelken göğüs varlığına bakılmaksızın kırık kotların tamiri önerilmektedir ve yapılmalıdır (4,10,12).

Sonuç

Biz cerrahi girişimin göğüs duvarının stabilizasyonunda yerinin olduğuna inanıyoruz. Erken stabilizasyon endikasyonu anterolateral yelken göğüs ve şiddetli pulmoner kontüzyonun olmadığı solunum yetmezlikli ve yaşlı olgularda yapılması görüşündeyiz. Bu olgumuzda biz 3,5mm rekonstrüksiyon plakları ve kortikal vida kullandık (Resim 4-5). Kırıkların AO plak ile internal stabilizasyonu güvenli, kolay, hızlı, ucuz bir yöntemdir. Klinik değerlendirmede kalıcı ve sürekli ağrı, göğüs duvarında şekil bozukluğu ve omuz hareketlerinde kısıtlılık iyi izlenmelidir (12,13,15). Bunların yanında normal aktiviteye kavuşma ve profesyonel işlerine dönüş zamanları ayrı bir memnuniyet ölçütü olarak değerlendirilmelidir. Postoperatif 4. ayda yapılan kontrollerinde olgunun göğüs duvarında herhangi bir deformite gözlenmedi. Solunum sesleri tüm alanlarda doğal olarak işitilmekteydi, PA Akciğer grafisi, sağ yan grafisi normal olarak değerlendirildi. Solunum Fonksiyon Testleri yapıldığında FeV_1 : 2,12lt VC: 3,00lt FVC: 2,91lt FeV_1/FVC : %72,8 ve normal olarak değerlendirildi.

Olgumuz postoperatif 65. ayında ve solunumsal herhangi sorunu bulunmamaktadır. Yapılan son solunum fonksiyon testleri ve efor testleri yaşı ile uyumlu olarak normal düzeydedir. FeV_1 : 2,47lt VC: 3,05lt FVC: 2,96lt FeV_1/FVC : %82,8 idi. Olgunun solunum fonksiyon testlerinde aradan 5 yılı aşan bir süre geçmiş olmasına rağmen %10 gibi bir düzelleme geçirilmiş olan travmanın ciddiyeti yanında oldukça değerli bir parametredir görüşündeyiz.

Sonuç olarak söylenebilecek çıkarım "Göğüs duvarının cerrahi stabilizasyon kararında cerrahın tecrübesi temeldir" (14)

KAYNAKLAR:

1. Liman ST, Kuzucu A, Taştepe AI et al. Chest injury due to blunt trauma. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2003; 23: 374-8
2. Ranasinghe AM, Hyde JAJ, Graham TR. Management of flail chest. *Trauma* 2001; 3: 235-47
3. Bibas BJ, Bibas RA. Operative stabilization of flail chest using a prosthetic mesh and methylmethacrylate. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006; 29: 1064-6

4. Engel C, Krieg JC, Madey SM et al. Operative chest wall fixation with osteosynthesis plates. *J Trauma*. 2005; 58: 181-6
5. Mayberry JC, Trunkey DD. The fractured rib in chest wall trauma. *Chest Surg Clin N Am*. 1997; 7: 239-61
6. Voggenreiter G, Neudeck F, Aufmkolk M et al. Operative chest wall stabilization in flail chest-outcomes of patients with or without pulmonary contusion. *J Am Coll Surg*. 1998; 187: 130-8
7. Balcı AE, Ayan E, Özalp K ve ark. Posterolateral Kosta Fraktürlerinde Operatif Fiksasyon: Titanyum Materyal ve Radyolojik Uyumluluğun Değerlendirilmesi. *Türk Göğüs Kalp Damar Cer Derg* 2005; 13: 37-40
8. Lardinois D, Krueger T, Dusmet M et al. Pulmonary function testing after operative stabilisation of the chest wall for flail chest. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2001; 20: 496-501
9. Ng AB, Giannoudis PV, Bismil Q et al. Operative stabilisation of painful non-united multiple rib fractures. *Injury* 2001; 32: 637-9
10. Reber P, Ris HB, Inderbitzi R et al. Osteosynthesis of the injured chest wall. Use of the AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese) technique. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg*. 1993; 27: 137-42
11. Oyarzun JR, Bush AP, McCormick JR, Bolanowski PJ. Use of 3.5-mm acetabular reconstruction plates for internal fixation of flail chest injuries. *Ann Thorac Surg*. 1998; 65: 1471-4
12. Nirula R, Diaz JJ Jr, Trunkey DD, Mayberry JC. Rib fracture repair: indications, technical issues, and future directions. *World J Surg*. 2009; 33: 14-22
13. Granetzny A, Abd El-Aal M, Emam E, et al. Surgical versus conservative treatment of flail chest. Evaluation of the pulmonary status. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2005; 4: 583-7.
14. Mohr M, Abrams E, Engel C et al. Geometry of human ribs pertinent to orthopedic chest-wall reconstruction. *J Biomech*. 2007; 40: 1310-7
15. Athanassiadi K, Gerazounis M, Theakos N. Management of 150 flail chest injuries: analysis of risk factors affecting outcome. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2004; 26: 373-6.
16. Tanaka H, Yukioka T, Yamaguti Y et al. Surgical stabilization of internal pneumatic stabilization? A prospective randomized study of management of severe flail chest patients. *J Trauma*. 2002; 52: 727-32.
17. Mayberry JC, Ham LB, Schipper PH et al. Surveyed opinion of American trauma, orthopedic, and thoracic surgeons on rib and sternal fracture repair. *J Trauma*. 2009; 66: 875-9.
18. Davignon K, Kwo J, Bigatello LM. Pathophysiology and management of the flail chest. *Minerva Anesthesiol*. 2004; 70: 193-9.
19. Pettiford BL, Luketich JD, Landreneau RJ. The management of flail chest. *Thorac Surg Clin*. 2007; 17: 25-33.
20. Mayberry JC, Terhes JT, Ellis TJ et al. Absorbable plates for rib fracture repair: preliminary experience. *J Trauma*. 2003; 55: 835-9.