

# STERNUM KAPAMA YÖNTEMLERİ

SÜLEYMAN NAZİF ORHAN<sup>1</sup>, MEHMET H. ÖZYAZICIOĞLU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, snorhan@atauni.edu.tr, mehmetoz@atauni.edu.tr

## ÖZET

Sternotomi sonrasında oluşan komplikasyonların önlenmesinde en önemli faktör iyi bir sternal sabitlemedir. Bu amaçla birçok yöntem geliştirilmiş ve yeni yöntemler geliştirilmeye devam edilmektedir. Bu çalışmada, literatürde yer alan biyomekanik ve klinik çalışmalar incelenerek yaygın olarak kullanılan sternum kapama yöntemleri ve bu yöntemlerin güçlü ve zayıf ortaya konulmuştur. En yaygın kullanılan yöntemin tekli çelik tellerle kapama yöntemi olduğu görülmüş fakat en iyi yöntemin hangisi olduğu konusunda bir fikir birliği olmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** sternum, median sternotomi, sternum kapama yöntemleri, göğüs cerrahisi.

## ABSTRACT

Good sternal fixation is the most important factor for preventing post-sternotomal complications. To this end, a plethora of methods have already been developed. This study, critically reviews most widely used closure techniques, in both clinical and mechanical research, and their relative success as well as weaknesses. No decisive clinical or biomechanical agreement has been reached for the best fixation technique as yet, however steel wires currently are the preferred method among surgeons.

**Keywords:** sternum, median sternotomy, sternum closure techniques, thoracic surgery.

## 1. GİRİŞ

Bütün açık kalp ameliyatlarının başlangıcında sternum, kalbe ulaşımın sağlanması amacıyla uzunlamasına iki eş parçaya ayrılmakta ve ameliyat sonunda çeşitli sternal sabitleme malzemesi ve yöntemleri kullanılarak tekrar birleştirilip kapatılmaktadır. İntratorasik ameliyatlarının büyük çoğunluğu için bir elzem olan bu yöntem “median sternotomi” adı verilmektedir (Dieselman 2011). Median sternotominin ameliyat sonrası komplikasyonları, sık rastlanmamasına rağmen, hastanede yatış süresini uzatıp başta enfeksiyon olmak üzere morbidite ve mortaliteyi arttırabilmektedir (Eğileten vd 2006). Sternal komplikasyonların görülme oranı % 0.5-2.5 arasında olmasına rağmen mortalite oranı %10-40 arasında değişmektedir (Casha *et al.* 1999a).

Sternotominin ameliyat sonrası komplikasyonlarından kaçınabilmek için iyi bir sternal sabitleme şarttır (Eğileten vd 2006). Genel olarak, kapama tekniğinin yüksek mukavemetli olması ve iyi bir rijitlik sağlaması durumunda iyi sonuçlar elde edilmektedir (Cohen and Griffin 2002). En büyük sternal stabilitenin elde edilmesi amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda birçok farklı teknik geliştirilmiş ve birçok farklı malzeme sternal kapama için kullanılmıştır (Tekümit *et al.* 2009).

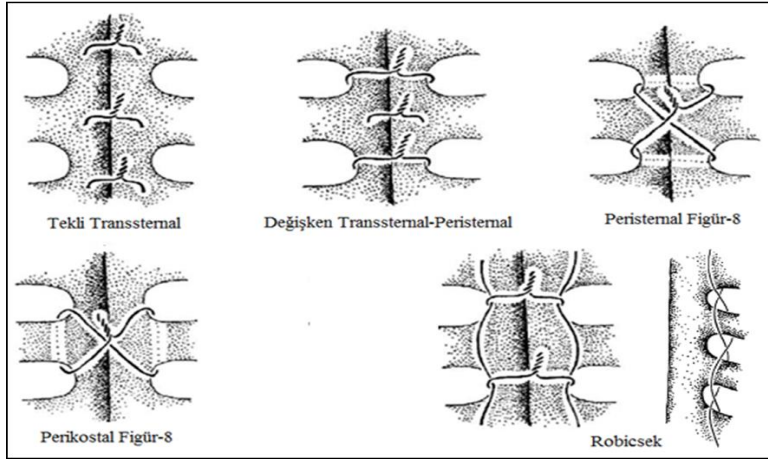
Bu çalışmada kapsamlı bir literatür taraması yapılarak, sternumun kapatılmasında kullanılan mevcut yöntemler üzerinde yapılan klinik ve deneysel çalışmalar incelenmiş ve yaygın olarak kullanılan kapama yöntemleri ve bu yöntemlerin zayıf ve güçlü tarafları ortaya konmuştur.

## 2. STERNUM KAPAMA YÖNTEMLERİ

### 2.1 Tekli çelik tellerle sternal kapama

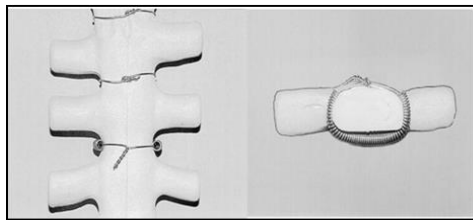
Sternumun tekli çelik tellerle kapatılması ilk olarak 1897 yılında Milton tarafından gerçekleştirilmiştir (Ozaki *et al.* 1998). Sternotominin 1957 yılından itibaren popülerleşmesiyle birlikte sternal kapamada paslanmaz çelik tellerin kullanımı standart kapama tekniği haline gelmiştir (Ahn *et al.* 2009). Çelik tellerle yapılan standart kapamada, paslanmaz çelik teller (genellikle no.5 veya no.6) ikisi manubriumda sternumun içinden, kalanlar gövdede kaburgalar arası boşluklardan, toplam 4-7 adet tel tek tek, tam olarak karşılıklı gelecek biçimde parasternal olarak geçirilerek sternum kapatılır (Dieselman 2011; Öztekin 2011).

Çelik tellerle kapama tekniği, hızlı uygulanabilir, görece güvenli ve ucuz olması nedeniyle ilk yaygınlaştığı dönemlerde en etkili kapama tekniği olarak görülmüştür (Ozaki *et al.* 1998). Bununla birlikte tellerin gevşeyip açılması, kırılması veya kemiği kesmesi gibi nedenlerle sternal ayrılma meydana gelebilmektedir (Glennie *et al.* 2002). Çelik tellerle standart şekilde yapılan kapamalarda karşılaşılan problemlerin oluşmaması ve sternal stabilitenin artırılabilmesi için, tellerin farklı şekillerde bağlandığı birçok farklı yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler Şekil 1'de gösterilmiştir.



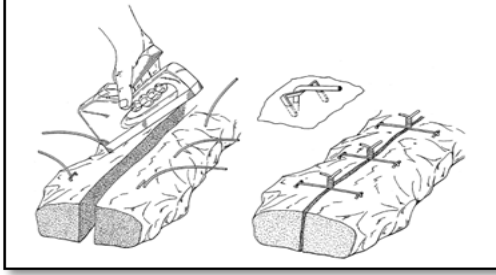
Şekil 1. Çelik tellerle yapılan farklı kapama teknikleri (Losanoff *et al.* 2004)

Sternum kapama tellerinin kemikteki kortikal tabakayı kesmesi sonucunda bir gerilme kaybı olacak ve birleşme hattında bir cep meydana gelecektir. Normal solunum hareketleri ve öksürük gibi artan hareketlerle, birleşme hattında meydana gelen cep daha da genişleyebilmektedir. Böylece stabil olmayan bir osteosentez oluşarak derin yara enfeksiyonu için uygun bir ortam oluşacaktır (Okutan vd 2001). Sternumun çelik tellerle kapatılmasında karşılaşılan bu durumun önlenmesi için bazı farklı takviye yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri, tellerin paslanmaz çelikten yapılan sarmallara giydirilmesidir (Şekil 2). Çapları 3mm olan bu sarmal çeliklerle kemik üzerindeki kuvveti daha geniş bir alana yaymak amaçlanmaktadır (McGregor *et al.* 2003).



Şekil 2. Tellerin çelik sarmallarla takviyesi (McGregor *et al.* 2003).

Tellerin sternumu kesmemesi için uygulanan diğer bir takviye yöntemi de kapama tellerinin sternumun üst kısmına geçiş yerlerinin iç kısımlarının çelik zımba telleriyle zımbalanmasıdır. Zımba telleri, Şekil 3’de gösterildiği gibi kapama tellerinin iç kenarlarına 30° açı yapacak şekilde zımbalanmakta ve sonra kapama tellerinin uçları, zımba telinde ufak bir hareket görülene kadar bükülmektedir (Zurbrügg *et al.* 2000).



Şekil 3. Çelik tellerin zımba telleriyle takviye edilmesi (Zurbrügg *et al.* 2000).

## 2.2 Titanyum plaklarla sternal kapama (rijit sabitleme)

Rijit sabitleme tekniği ilk olarak 1949 yılında Robert Danis tarafından geliştirilmiştir. Danis bu yöntemle, kırık parçaları sıkıştırılıp hareketleri minimize edildiğinde kemik kırıklarının kallus oluşumu olmadan iyileşebileceğini göstermiştir (Mostofi 2005; Dieselman 2011). Bu yöntemin diğer tekniklere göre, iyileşme süreci boyunca kemik parçalarını bir arada tutup hareketlerini sınırlandırması ve kırık bölgesindeki kan akışını bozmaması gibi önemli avantajları vardır (Dieselman 2011). Bu yöntem çoğunlukla telle kapamanın uygun olmadığı durumlarda, özellikle tellerin kırılğan kemiği kesebileceği kemik erimesi olan hastalarda tercih edilmektedir (Ahn *et al.* 2009).

Bu yöntemde, sternumun genişliği ve şekline bağlı olarak farklı şekillerdeki plaklardan istenilen tercih edilebilmektedir (Song *et al.* 2004). Bununla birlikte, kullanılacak plak tipinin ve sayısının seçimi ile plakların sternum üzerinde yerleştirileceği yerlerin belirlenmesi cerrahın önsezi ve tecrübesine bağlıdır. Cerrahlar genellikle, ilave plak kullanımının faydalı olduğuna inanarak 5-7 arasında plak kullanılmaktadır (Pai *et al.* 2007). Rijit sabitlemenin uygulanması, plakların yerlerine doğru şekilde yerleştirilip vidalanması gerektiğinden, telle kapamaya nazaran biraz daha uzun sürmektedir. Ayrıca, vidaların sternum içindeki uzunluğunun uygun ölçülerde tutulması ve göğüs boşluğuna taşıyıcı organlara zarar vermemesi için iyi bir cerrahi yeteneğe ihtiyaç duyulmaktadır (Dieselman 2011). Rijit sabitlemenin yaygın kabul görmemesinin diğer nedenleri de plak ve vida sisteminin çelik tellere oranla çok daha pahalı olması ve acil bir durumda göğüs boşluğuna tekrar müdahale etmenin zorluğudur (Song *et al.* 2004).

## 2.3 Sternal talon sistemiyle sternal kapama

Sternal Talon adı verilen sistem, çelik tel ve plaklara alternatif olarak geliştirilmiş yeni bir sternal kapama yöntemidir (Dieselman 2011). Bu yöntemde, Talon adı verilen ve iki eş parçadan oluşan titanyumdan yapılmış aparatlar, kaburgalar arası boşluklara karşılıklı olarak yerleştirilmektedir. Bacak ve ayak kısımlarıyla sternumu saran bu iki eş parça, sternumun üzerinde cırcırlı bir kilit mekanizmasıyla birbirlerine kenetlenmektedirler (Levin *et al.* 2010).

Bu parçalar yerleştirilirken tel veya vidaya ihtiyaç olmadığından, kortikal ve süngerimsi kemiğe zarar vermeden sternumu sıkıştırarak birleştirmektedirler. Sternal kapamalarda, bu malzemeden ortalama olarak üç tane kullanılmakla birlikte farklı sayıda parça farklı kısımlarda kullanılabilir. Bazı cerrahlar ise Talon'lara ek olarak manubrium kısmında çelik teller kullanılmaktadır (Levin *et al.* 2010).

Talon kullanımında sternumun genişliğinin ve kalınlığının doğru olarak ölçülmesi, farklı boyutlardaki aparatlardan hangisinin uygun olduğunu belirleyebilmek için oldukça önemlidir (Levin *et al.* 2010). Sternal Talon sistemi, uygulanması kolay bir yöntem olmakla birlikte diğer kapama tekniklerinden çok daha pahalı bir yöntemdir (Dieselman 2011).

## 2.4 Nitinol sternal kapama klipsiyle sternal kapama

Şekil hafızalı bir alaşım olan nitinol, nikel ve titanyumun yaklaşık olarak eşit miktardaki birleşiminden oluşan intermetalik bir malzemedir (Centofanti *et al.* 2002). Şekil hafızalı alaşımlar, deformasyona uğratıldığında, uygulanan sıcaklık ve gerilmelere bağlı olarak daha önceki şekil veya boyutuna geri dönebilme özelliği gösteren metalik malzemelerdir (Dilibal 2005). Nitinol klipsler, manipülasyon sıcaklığı olan 8 °C 'nin altındaki sıcaklıklarda yumuşak ve şekil verilebilir haldedir. Sıcaklık, başlama sıcaklığı denilen 27 °C 'nin üstüne çıktığında şekil hafızası etkisi başlamaktadır. Final sıcaklığı olan 35 °C 'de ise klips orijinal şeklini tam olarak geri kazanır (Centofanti *et al.* 2002).

Nitinol klipsler, çelik tellerden daha kalın olduklarından kemiği kesme ihtimalleri daha düşüktür ve sternum üzerindeki yarı-rijit sıkıştırıcı etkileriyle, çelik tellerden daha iyi bir fizyolojik stabilite sağlamaktadırlar. Nitinol klipslerin diğer avantajları aşağıda sıralanmıştır;

- Nitinol, çeliğe kıyasla daha yüksek bir biyouyumluluğa sahiptir.
- Nitinol klipslerin uygulaması ve gerektiği takdirde çıkarılması kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Ayrıca, kanama oluşması riski çelik tel kullanımına oranla daha düşüktür.
- Nitinol, mıknatıslanma özelliği olmayan bir alaşım olduğundan, MR çekilmesinde bir problem yaratmamaktadır (Centofanti *et al.* 2002; Broadhurst *et al.* 2010).

Nitinol klips kullanımında karşılaşılabilecek sorunlardan biri, klipslerin vücut sıcaklığında sahip oldukları rijitliklerine bağlı olarak, yüksek enerjili bir darbe etkisiyle kırılabilmesidir. Bununla birlikte, sternuma nadir olarak etkiyebilecek böyle bir kuvvet, çelik telleri de kırabileceği gibi sternumda da kırıklara sebep olabilecektir (Broadhurst *et al.* 2010).

## 2.5 Çift çelik tellerle sternal kapama

Literatürde, sternal kapamada çift tel kullanımı ile ilgili az sayıda çalışma yer almasına rağmen birçok cerrahın, kolay uygulanışı ve stabiliteyi arttırması sebebiyle bu yöntemi tercih ettiği bilinmektedir (Losanoff *et al.* 2007).

Çift teller tekli tellere kıyasla, kemik çevresini daha düzgün bir şekilde sarabilmektedir (Losanoff *et al.* 2007). Telin kemiği kesmesi ihtimali, tek tel kullanımına göre daha düşüktür. Çift tellerde karşılaşılan problemlerden biri, telin sonundaki lehimli kısmın, telin manubrium içinden geçirilmesine imkân vermemesidir (Kiessling *et al.* 2005).

## 2.6 Kryptonite kemik çimentosu ile sternal kapama

Kryptonite kemik çimentosu, hint yağından elde edilen biyouyumlu bir polimerdir. Doğrudan kemiklere uygulanan bu yapıştırıcı, 24 saat içinde rijit bir kemik tespiti ve stabilitesi sağlamaktadır. Malzemenin sahip olduğu gözenekli ağ dokusu sayesinde, zaman içinde kemikle tam bir birleşme meydana gelmektedir (Fedak *et al.* 2010).

Sternal kapamada kemik çimentosu çelik tellerle birlikte kullanılmaktadır. (Fedak and Kasatkin 2011).

## 2.7 Mersilene şerit ile sternal kapama

Mersilene şerit, 5mm genişliğinde ve 30 cm uzunluğunda, iki ucunda büyük iğneler bulunan polyesterden dokunmuş bir malzemedir (Cheng *et al.* 1993). Bu yöntemle yapılan kapamalarda, şerit sternumun etrafını saracak şekilde kaburgalar arası boşluklardan geçirilir. Şeridin uçlarındaki iğneler çıkarılır ve yarım bir düğüm atıldıktan sonra şeridin gevşememesi için düğümüne bir pensle bastırılır ve düğüm tamamlanır (Johnston *et al.* 1985).

Mersilene şeritler, çelik tellerden daha pahalı bir malzeme olmakla birlikte, kolay yerleştirilebilir ve kolay bir şekilde bağlanabilirler (Johnston *et al.* 1985). Ayrıca, Mersilene şeritler çelik tellerden daha geniş oldukları için üzerlerine gelen kuvveti daha geniş bir alana yayacaklardır (McGregor *et al.* 1999). Çelik tellerin Mersilene şeritlere karşı avantajı ise çeliğin Mersilene kıyasla daha sağlam bir malzeme olması ve çelik tellerin simetrik bir şekilde bükülerek sabitlenmesinin, Mersilene şeritlerde ki düğümle sabitlemeye oranla, sternum üzerindeki gerilmelere daha iyi karşı koymasındadır (Cheng *et al.* 1993). Mersilene şeritlerin sternal kapamada kullanımıyla ilgili bazı başarılı klinik çalışmalar olsa da, bu yöntem cerrahlar tarafından genel bir kabul görmemiştir (McGregor *et al.* 1999).

## 2.8 Polidioksanon (pds) sütün ile sternal kapama

PDS sütün, absorbe olabilen monofilaman sentetik bir malzemedir (Keçeligil vd 1995). Genel cerrahide genellikle abdominal duvarının dikilmesinde kullanılan PDS sütünler, sahip oldukları yeterli çekme dayanımı nedeniyle, sternal kapamaya uygun şekilde tasarlanarak bu amaçla kullanılmaya başlanmışlardır (Kun and Xiubin 2009). PDS sütünlerin çekme dayanımı, ameliyattan sonra üçüncü haftada başlangıç değerinin %50-%65'ine, altıncı haftada ise %30-%40'ına düşmektedir (Luciani *et al.* 2006).

Sternal kapamada PDS sütün kullanımının artmasıyla kazanılan tecrübeler sonucunda, bu malzemenin çeliğin yerini alabilecek güvenli bir alternatif olduğunu düşünen uzman sayısı giderek artmıştır. Bununla birlikte 2006 yılında Usui ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, özellikle obez ve kronik obstrüktif hastalığı olan hastalarda PDS sütünlerin yeterli bir güvenlik sağlamadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, PDS malzemesinde elde edilen önemli gelişmelere rağmen, bu malzeme hala çeliğe karşı ideal bir alternatif olamamıştır (Kun and Xiubin 2009).

## 2.9 Çelik bantlar ile sternal kapama

Sternal kapamada çelik bant kullanımı çoğunlukla kronik obstrüktif akciğer hastalığı ve obezite olan hastalarda tercih edilmektedir. Bu yöntemde çelik bantlar kaburgalar arası boşluklardan, sternumu saracak şekilde geçirilmekte ve sonra bantlar sabitlenmektedir. Etkili bir kapama için üç tane bant yeterli olmaktadır (Kalush and Bonchek 1976).

Çelik bant kullanılarak, kemiğe etkiyen kuvvetin daha geniş bir alana yayılması sağlanmak istenmektedir. Ancak, çelik bantların sternumu tam olarak sarması rijit yapılarından dolayı mümkün olmamaktadır (Schimmer *et al.* 2008). Bununla birlikte, çelik bant kullanımında, telle kapamada oluşan düğümler bulunmayacağından, yaranın iyileşmesi kolaylaşacak ve hastayı rahatsız edebilecek bir durum oluşmayacaktır (Kalush and Bonchek 1976). Çelik bant kullanımıyla ilgili bazı başarılı klinik çalışmalar olmakla birlikte, bu yöntem cerrahlar tarafından genel bir kabul görmemiştir (McGregor *et al.* 1999).

## 2.10 Naylon bantlar ile sternal kapama

Sternal kapamada naylon bantların kullanımı ilk olarak 1968 yılında Harry LeVeen ve Vincent Piccone tarafından gerçekleştirilmiş ve olumlu sonuç alındığı söylenmiştir (Kalush and Bonchek 1975). 1972 yılında ise bu yöntemi hastaları üzerinde kullanan Peter Sanfelippo ve Gordon Danielson, birçok vakada naylon bantların kırılıp ve yerlerinden çıktığını ve önemli komplikasyonların oluştuğu belirlemiş ve sternal kapamada naylon bant kullanımının kabul edilemez bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir (Kalush and Bonchek 1975).

## 3. SONUÇ

Median sternotominin 1957 yılından itibaren yaygınlaşmasıyla birlikte, sternumun en iyi şekilde kapatılabilmesi için araştırmacılar onlarca farklı yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemlerin karşılaştırıldığı ve etkinliğinin araştırıldığı birçok biyomekanik testler ve hastalar üzerinde klinik çalışmalar literatürde yer almaktadır. Bu çalışmalar incelendiğinde en yaygın kullanılan yöntemin hala çelik teller olduğu görülmüştür. Çelik tellere kıyasla daha rijit bir kapama sağlayan talon ve plak gibi yöntemler olmasına rağmen maliyet, uygulama hızı ve basitliği ile tekrar müdahale gerektiğinde sağladığı kolaylık nedeniyle çelik teller tercih edilmektedir. Bununla birlikte tellerle daha iyi bir rijitlik sağlayabilmek amacıyla farklı bağlama şekilleri üzerinde çalışıldığı görülmüştür. Çelik tellerin bu yaygın kullanımına rağmen, bütün yöntemlerin birbirlerine kıyasla zayıf ve güçlü yanları olduğu ve bu nedenle hangi yöntemin en optimum çözüm olduğu konusunda hala bir fikir birliği olmadığı görülmüştür.

## KAYNAKLAR

1. Ahn, J., Christakis, A., Dieselman, J. and Sandefer, A., 2009. Design of an optimized rigid fixation system for the osteoporotic sternum. B.Sc. Thesis, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, Massachusetts.
2. Broadhurst, J., Moorjani, N. and Ohri, S., 2010. Traumatic fracture of nitinol thermoreactive sternal clips. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*, 10 (3), 465-466.
3. Casha, A.R., Yang, L., Kay, P.H., Saleh, M. and Cooper, G.J., 1999a. A biomechanical study of median sternotomy closure techniques. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 15 (3), 365-369.
4. Centofanti, P., La Torre, M., Barbato L., Verzini, A., Patane, F. and Di Summa, M., 2002. Sternal closure using semirigid fixation with thermoreactive clips. *The Annals of Thoracic Surgery*, 74 (3), 943-945.

5. Cheng, W., Cameron, D.E., Warden, K.E., Fonger, J.D. and Gott, V.L., 1993. Biomechanical study of sternal closure techniques. *The Annals of Thoracic Surgery*, 55 (3), 737-740.
6. Cohen, D.J. and Griffin, L.V., 2002. A biomechanical comparison of three sternotomy closure techniques. *The Annals of Thoracic Surgery*, 73 (2), 563-568.
7. Dieselman, J.C., 2011. Comparison of alternative rigid sternal fixation techniques. MS Thesis, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, Massachusetts.
8. Dilibal, S., 2005. Nikel-titanyum şekil bellekli alaşım üretimi ve şekil bellek eğitimi. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
9. Eğileten, Z.B., Kahraman, D., Eryılmaz, S., Uysalel, A. ve Özyurda, Ü., 2006. Sternal komplikasyonlar açısından risk taşıyan hastalarda profilaktik 8-figürü ve Robicsek metodu kombinasyonu. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 26 (1), 51-55.
10. Fedak, P.W.M., Kolb, E., Borsato, G., Frohlich, D.E.C., Kasatkin, A., Narine, K., Akkarapaka, N. and King, K.M., 2010. Kryptonite bone cement prevents pathologic sternal displacement. *The Annals of Thoracic Surgery*, 90 (3), 979-985
11. Fedak, P.W.M. and Kasatkin, A., 2011. Enhancing sternal closure using kryptonite bone adhesive: technical report. *Surgical Innovation*, 18 (4), 8-11.
12. Glennie, S., Shepherd, D.E.T. and Jutley, R.S., 2002. Strength of wired sternotomy closures: effect of number of wire twists. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, 2 (1), 3-5.
13. Johnston, R.H., Rinaldi, R.G., Vaughan, G.D. and Bricker, D., 1985. Mersilene ribbon closure of the median sternotomy: an improvement over wire closure. *The Annals of Thoracic Surgery*, 39 (1), 88-89.
14. Kalush, S.L. and Bonchek, L.I., 1976. Peristernal closure of median sternotomy using stainless steel bands. *The Annals of Thoracic Surgery*, 21 (2), 172-173.
15. Keçeligil, H.T., Kolbakır, F., Kalaç, R. ve Erk, M.K., 1995. Pediatrik vakalarda sternotominin loop pds suturelerle kapatılması. *Türk Göğüs Kalp Damar Cerrahisi Dergisi*, 3 (1), 93-94.
16. Kiessling, A.H., Isgro, F., Weisse, U., Möltner, A., Saggau, W. and Boldt, Y., 2005. Advanced sternal closure to prevent dehiscence in obese patients. *The Annals of Thoracic Surgery*, 80 (4), 1537-1539.
17. Kun, H. and Xiubin, Y., 2009. Median sternotomy closure: review and update research. *Journal of Medical Colleges of PLA*, 24 (2), 112-117.
18. Levin, L.S., Miller, A.S., Gajjar, A.H., Bremer, K.D., Spann, J., Milano, C.A. and Erdmann, D., 2010. An innovative approach for sternal closure. *The Annals of Thoracic Surgery*, 89 (6), 1995-1999.
19. Losanoff, J.E., Collier, A.D., Wagner-Mann, C.C., Richman, B.W., Huff, H., Hsieh, F. Diaz-Arias, A., Jones, J.W. 2004. Biomechanical comparison of median sternotomy closures, *The Annals of Thoracic Surgery*, 77 (1), 203-209.
20. Losanoff, J.E., Basson, M.D., Gruber, S.A., Huff, H. and Hsieh, F., 2007. Single wire versus double wire loops for median sternotomy closure: experimental biomechanical study using a human cadaveric model. *The Annals of Thoracic Surgery*, 84 (4), 1288-1293.
21. Luciani, N., Anselmi, A. and Possati, G., 2006. Adjusting the indication to polydioxane suture for elective sternal closure. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 132 (5), 1243-1244.
22. McGregor, W.E., Trumble, D.R. and Magovern, J.A., 1999. Mechanical analysis of midline sternotomy wound closure. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 117 (6), 1144-1149.
23. McGregor, W.E., Payne, M., Trumble, D.R., Farkas, K.M. and Magovern, J.A., 2003. Improvement of sternal closure stability with reinforced steel wires. *The Annals of Thoracic Surgery*, 76 (5), 1631-1634.
24. Mostofi, S.B., 2005. Who's who in orthopedics. Springer, 389, London.
25. Okutan, H., Yavuz, T., Uluşan, V., Tenekeci, C., Öcal, A., İbrişim, E. ve Kutsal, A., 2001. Açık kalp cerrahisi sonrası yaşlı hastalarda yeni bir sternum kapama tekniği ile ilgili deneyimler. *Turkish Journal of Geriatrics*, 4 (2), 55-58.
26. Ozaki, W., Buchman, S.R., Iannettoni, M.D. and Frankenburg, E.P., 1998. Biomechanical study of sternal closure using rigid fixation techniques in human cadavers. *The Annals of Thoracic Surgery*, 65 (6), 1660-1665.
27. Öztekin, Ö., 2011. Sternotomi ve torakotomi uygulamasının respiratuvar kas gücü üzerine etkileri. Uzmanlık Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, İzmir.
28. Pai, S., Gunja, N.J., Dupak, E.L., McMahon, N.L., Coburn, J.C., Lalikos, J.F., Dunn, R.M., Francalancia, N., Pins, G.D. and Billiar, K.L., 2007. A mechanical study of rigid plate configurations for sternal fixation. *Annals of Biomedical Engineering*, 35 (5), 808-816.
29. Schimmer, C., Sommer, S.P., Bensch, M., Bohrer, T., Aleksic, I. and Leyh, R., 2008. Sternal closure techniques and postoperative sternal wound complications in elderly patients. *The European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 34 (1), 132-138.

30. Song, D.H., Lohman, R.F., Renucci, J.D., Jeevanandam, V. and Rahman, J., 2004. Primary sternal plating in high-risk patients prevents mediastinitis. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 26 (2), 367-372.
31. Tekümit, H., Cenal, A.R., Tataroğlu, C., Uzun, K. ve Akıncı, E., 2009. Comparison of figure-of-eight and simple wire sternal closure techniques in patients with non-microbial sternal dehiscence. *The Anatolian Journal of Cardiology*, 9 (5), 411-416.
32. Zurbrugg, H.R., Freestone, T., Bauer, M. and Hetzer, R., 2000. Reinforcing the conventional sternal closure. *The Annals of Thoracic Surgery*, 69 (6), 1957-1958.