



Adolesan idiyopatik skolyozda füzyonsuz cerrahi yöntemler ve sonuçları

Non-fusion surgery methods and results in adolescent idiopathic scoliosis

Kadir Abul

Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Adolesan idiyopatik skolyoz (AIS) tedavisi yaş, eğrilik büyüklüğü ve deformitenin ilerleme durumuna göre rehabilitasyon ile gözlem, ortezi tedavisi ve cerrahi tedaviyi içerir. Adolesan idiyopatik skolyoz için günümüzde altın standart cerrahi tedavi yöntemi hâlen spinal füzyon iken, füzyonsuz yöntem arayışları 21. yüzyıl başlarında artmıştır. Bu yöntemler çözümlemesi güç olan progresif AIS vakalarında doğru endikasyon ve uygun hasta grubu seçimi konularını beraberinde getirmiştir. 1970'lerde spinal füzyon sağlamak amacıyla başlayan anterior skolyoz cerrahisi, 2000'li yılların başlarında füzyonsuz yöntemlerin biyomekanik, hayvan ve takibinde insan çalışmalarında umut vadeci neticelerinden dolayı tekrar bir ivme kazanmış ve anterior büyüme modülasyonu teknikleri AIS grubunda en sık kullanılan füzyonsuz tedavi yöntemi hâline gelmiştir. İleri dönem sonuçları henüz netlik kazanmayan bu yöntemlerin güvenilir ve yaygın kullanımı için ileri araştırma ve geliştirme çalışmalarına ihtiyaç vardır.

Anahtar sözcükler: anterior büyüme modülasyonu; spinal büyüme modülasyonu; anterior vertebral gövde bağlama; füzyonsuz skolyoz tedavisi; adolesan idiyopatik skolyoz tedavisi

Treatment of adolescent idiopathic scoliosis (AIS) includes rehabilitation, observation, bracing and surgical treatment according to age, curvature size and deformity progression. While spinal fusion is still the gold standard surgical treatment method for AIS, the search for non-fusion strategies has increased in the early 21st century. These methods brought the problems of choosing the proper indication and appropriate patient cohort in progressive AIS cases that are difficult to analyze. Anterior scoliosis surgery starting in the 1970s, gained momentum again in the early 2000s due to the promising results of non-fusion methods after the biomechanical, animal, and subsequent human studies, and anterior growth modulation techniques have become the most frequently used non-fusion treatment method in the AIS group. Further research and development studies are needed for the reliable and widespread use of these methods, the future results of which are not yet clear.

Key words: anterior growth modulation; spinal growth modulation; anterior vertebral body tethering; fusionless scoliosis treatment; adolescent idiopathic scoliosis treatment

Skolyoz omurganın yana ve kendi etrafında burkulmasıyla oluşan, koronal planda 10° Cobb eğriliği üzerinde ölçülen şekil bozukluğudur.^[1] Adolesan idiyopatik skolyoz (AIS), ergenlik çağında çocukları etkileyen ve tüm skolyoz tiplerinin %80-90'ını oluşturan en büyük grubunu oluşturur ve Yılmaz ve ark. tarafından ülkemizde prevalansı %2,3 olarak bildirilmiştir.^[2] Adolesan idiyopatik skolyozda tedavi hedefleri deformiteyi düzeltmek, eğriliğin ilerlemesini önlemek, gövde simetrisini ve dengesini yeniden sağlamak ve ağrı ve kalp ve solunumsal hastalıklar gibi morbiditeleri en aza

indirmektir.^[3] Skolyozun ilerlemesine veya ciddiyetine bağlı olarak AIS tedavisi fizik tedavi, korse ve cerrahiye içerir. Posterior enstrümantasyon ve füzyon (PEF), eğrilikleri >45-50° olan hastaların tedavisinde hâlen altın standarttır.^[4-8] Korse kullanımına intolerans, füzyon cerrahisinin getirdiği hareket ve esneklikte kayıp, büyümede durma, kaynamama, ağrı ve komşu segmentlerdeki problemler gibi bazı dezavantajlar nedeniyle fizyolojisi bozan omurları dondurma ameliyatına alternatifler aranmaktadır.^[6,9] Adolesan idiyopatik skolyoz hastalarına uygulanan "füzyonsuz cerrahi yöntem-

İletişim / Contact: Uzm. Dr. Kadir Abul • **E-posta / E-mail:** doktorkadir@gmail.com

ORCID iD: Kadir Abul, 0000-0003-1118-4848

Geliş / Received: 26 Nisan 2022 • **Revizyon / Revised:** 15 Temmuz 2022, 28 Eylül 2022 • **Kabul / Accepted:** 8 Ekim 2022

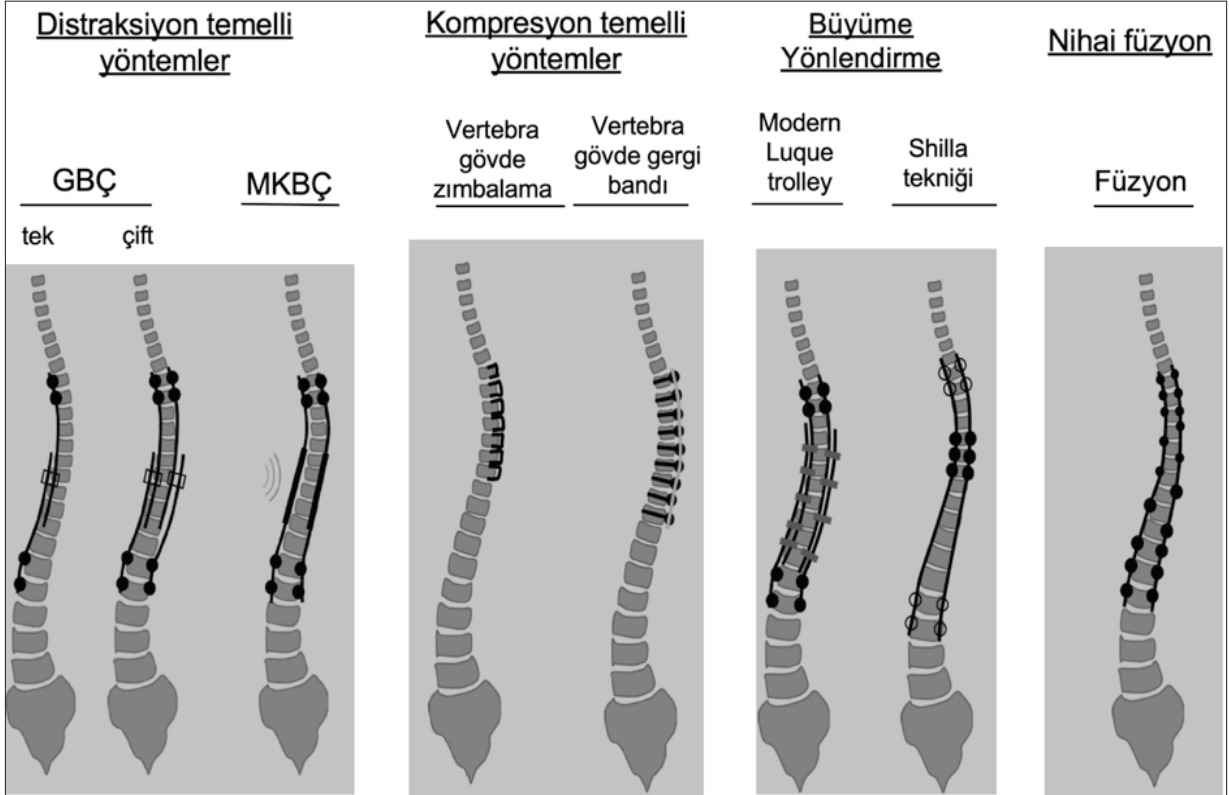
ler” ön planda deformite ilerlemesine yatkın olan riskli hasta gruplarında tercih edilen tedavi yöntemleridir^[10]. Füzyonsuz büyüme dostu yöntemler beraberinde yüksek komplikasyon oranları ile ilişkilidir^[11]. Adolesan idiyopatik skolyoz cerrahi tedavisinde dünya genelinde yaygın ve ses getirir şekilde uygulanmaya başlanan, sonuçları son yıllarda hızla bildirilen *anterior vertebral body tethering* (AVBT, vertebral gövde gergi bandı, ön omur gövdesi bant ile gerdirme, vertebra cisim gerdirme) ameliyatı bu bölümün ana konusu kapsamındadır.

ADOLESAN İDİYO PATİK SKOLYOZ HASTALARINDA KULLANILABİLEN FÜZYONSUZ TEKNİKLER

Bu yöntemler hastanın füzyon yapılabilecek uygun maturasyonda olmadığı ve eğrilikte ilerleme öngörülen durumlarda, füzyon cerrahisine kadar zaman kazanmak veya hiç füzyon gerekmeyecek çözümler sunmayı hedefler.^[10] Sıklıkla kullanılan yöntemler Şekil 1’de verilmiştir.

Omurga kemik büyüme aşamalarını günümüzde en güvenilir olarak gösteren yöntemlerin başında sol el grafisinden değerlendirilen Sanders sınıflaması göstermektedir.^[13] Sanders evre 2-3 ve altında olan ve büyümesi aktif

olarak devam eden ve cerrahi gerekecek boyutlarda tespit edilen çocuk skolyoz hastalarında omurganın gelişimini mümkün olduğunca bozmayacak tedavi ve enstrüman seçenekleri günümüzde kullanılmaktadır.^[14,15] Büyüme dostu cerrahi teknikler olarak adlandırılan bu yöntemlerden adolesan yaş aralığındaki olgular için günümüzde en sıklıkla kullanılan AVBT büyüme modülasyonudur. Shilla (Medtronic, Memphis, TN) veya modifiye Shilla apikal füzyon büyüme yönlendirme yöntemleri olup; geleneksel ve manyetik kontrollü büyüyen çubuklar gibi distraksiyon temelli yöntemler ve vertebral *stapling* (zımbalama) gibi diğer non-füzyon teknikler adolesan grupta daha az sıklıkla kullanılmaktadır.^[10,11] Zımbalama tekniği, zımba kaynaklı pasif bağlama ve büyüme modülasyonu yoluyla ortopedik cerrahide uygulanan uzun kemik deformite tedavisinden ilham almıştır. Günümüzde zımbalama (*stapling*) cerrahisi 35° üzerinde olan eğriliklerde etkinliği yetersizliklerden ötürü yaygın kullanıma geçememiştir.^[16,17] Yeni bir posterior dinamik deformite düzeltme (PDDC) cihazı (ApiFix Ltd.), AIS eğriliklerini düzeltmek ve zaman içinde deformiteyi kontrol etmek için daha az girişimsel, füzyonsuz bir yol sağlamak için geliştirilmiştir.^[18] Ülkemizde rutin kullanımda olmayan bu cihaz için güncel



Şekil 1. Adolesan idiyopatik skolyoz güncel tedavi seçenekleri. Hastanın beklenen geriye kalan büyüme durumuna göre distraksiyon temelli, kompresyon temelli yöntemler, büyüme yönlendirme, bunların kombinasyonları (hibrit teknikler) ve nihai füzyon cerrahileri uygulanabilmektedir.

MKBÇ: Manyetik kontrollü büyüyen çubuklar, GBÇ: Geleneksel büyüyen çubuklar, [Schlösser ve ark.^[12] çalışmasından atıf 4.0 uluslararası (CC BY 4.0) lisansı altında Türkçe’ye çevrilerek modifiye edilmiştir].

literatürde cihazın büyümeyi modüle etme yeteneğine destek veren ve aksi gibi başarısızlık oranının yüksek olması nedeniyle çalışmanın erken sonlandırıldığı raporlar mevcuttur.^[18-20]

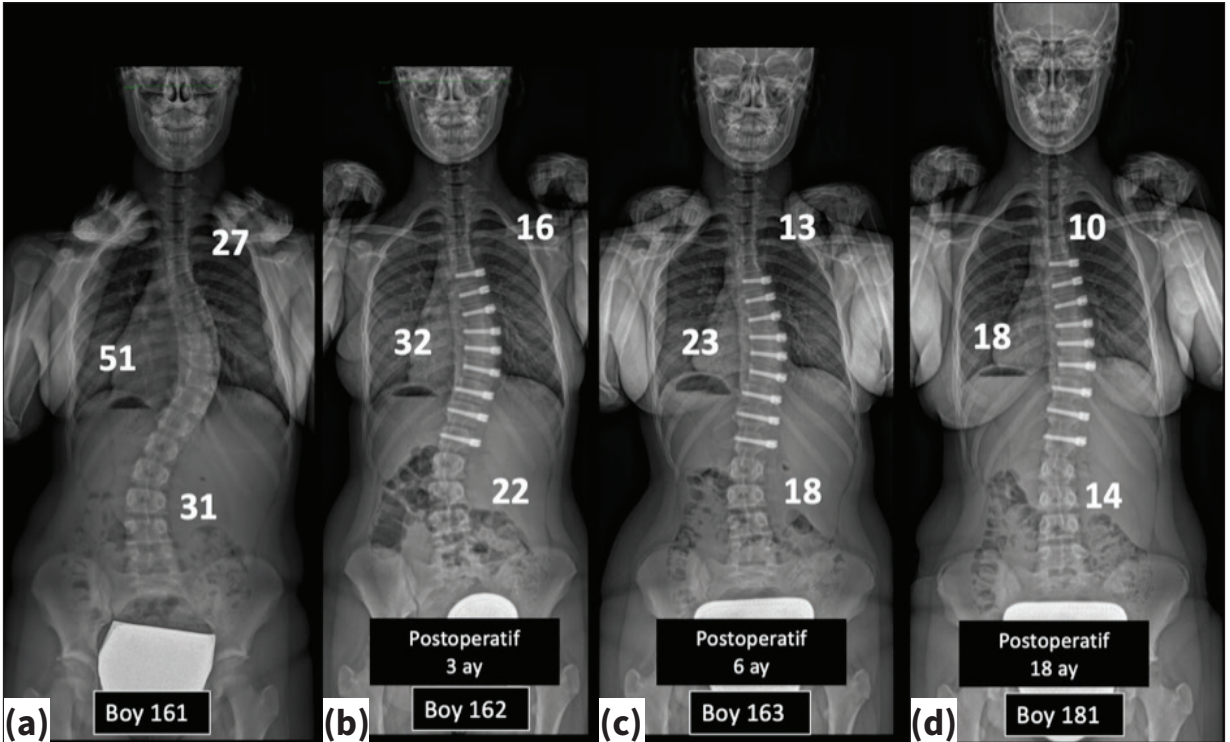
ANTERİOR VERTEBRAL GÖVDE GERGİ BANDI (ANTERIOR VERTEBRAL BODY TETHERING, AVBT)

Anterior vertebral gövde gergi bandı, omurganın büyüme modülasyonu (düzenlemesi) yoluyla işlev gösteren ve dinamik deformite koreksiyonu sunan, skolyozu düzeltmek için füzyonsuz yeni bir tedavidir.^[6,10] Dışbükey tarafı bağlayarak hemiepipfizyodez konseptine benzer şekilde içbükey kısıtlanmamış bir büyümeye izin vererek skolyozun düzeltilmesine izin verir.^[10] Yakın zamanda Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç İdaresi (*Food and Drug Administration, FDA*) tarafından insani cihaz muafiyetiyle korse yönetiminde başarısız olmuş 30° ile 65° arasında Cobb eğrilikleri olan, iskelet olarak olgunlaşmamış hastalar için onaylanmıştır.^[21,22] Sanders üç ve dört aşamasında olup; yaşı 10-15 arasında olan ve cerrahi gereken vakalarda günümüzde büyümeyi önlemeden füzyonsuz cerrahi seçeneği olarak AVBT tekniği iyi bir seçenek olarak ortaya çıkmış ve günümüzde artan sayılarda literatürde vaka sayıları bildirilmektedir.^[4,8,13,19,23,24] Bant ameliyatının asıl

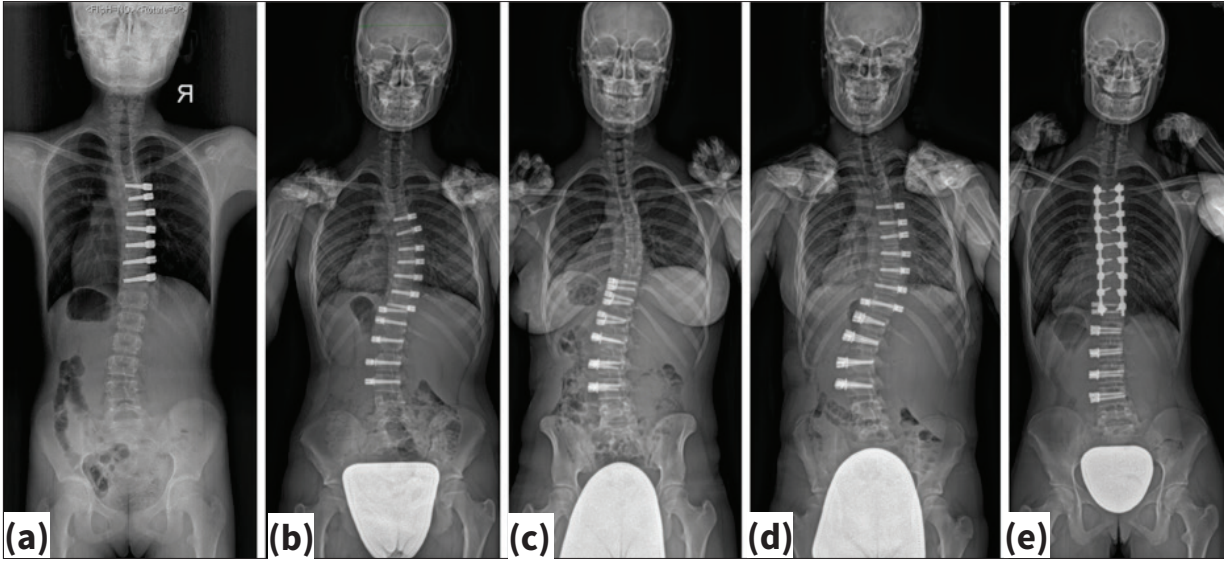
amacı, omurgada fonksiyonel hareketi korurken daha normal bir spinal kontur oluşturmaktır.^[7] (Şekil 2,3)

İlk olarak 2002 yılında hayvan deneylerine başlanan^[25], devamında ilk insan vaka takdimi Crawford ve Lenke tarafından 2010 yılında sunulan^[26] *anterior vertebral body tethering* (AVBT) veya namıdiğer bant ameliyatı, son zamanlarda, kemik büyüme parametreleri aktif olarak hâlen devam eden AIS hastalarının tedavisinde 2019 yılında FDA onayını alan ve gelişmekte olan bir teknolojidir.^[21,27] En büyük özelliği yapılan cerrahide kısmi bir eğrilik düzelmesi sağlanmakta, cerrahi sonrası takip döneminde hastanın geriye kalan büyüme potansiyeliyle birlikte eğrilik çocuk büyüdükçe daha da düzelmektedir.^[13]

Bu teknikle torakoskopi yardımıyla eğriliğin dış bükey tarafından vertebraların önünden vida uygulanırken, bu vidalara bağlanan polietilen tereftalat germe bandı yardımıyla gerdirilerek eğriliğin belirli bir miktarda düzeltilmesi sağlanmaktadır. Bu yöntemle konveks tarafa yerleştirilen bant sayesinde omurganın dışbükey tarafının büyümesi yavaşlatılır. Karşı içbükey kısımda ise büyüme devam ederek eğrilik tedavinin belirli bir aşamasından sonra kendiliğinden düzelme gösterebilir. Böylece omurganın büyümesi kontrollü olarak yönlendirilerek düzelti-



Şekil 2.a-d. On yaş, âdet sonrası altıncı ayında olan, Risser evre 0, Sanders evre 4 AIS vaka örneği: Ameliyat öncesi (a), T5-L1 seviyelerini içeren AVBT cerrahisi sonrası, devam eden kemik büyümesine bağlı üçüncü (b), altıncı (c) ve 18. (d) aylardaki koronal Cobb eğrilik açılarında ve hasta boyundaki değişim gözlenmektedir. (Vaka örneği Dr. Ahmet Alanay'ın arşivinden izniyle kullanılmıştır) (AVBT: *Anterior Vertebral Body Tethering*)



Şekil 3.a-e. AVBT tekniğinin değişik uygulama örnekleri: Torakal tek sıra AVBT (a), torakal ve lomber çift AVBT (b), lomber çift sıra AVBT (c), torakal tek sıra, lomber çift sıra AVBT (d), torakal füzyon ve lomber çift sıra AVBT (Hibrit teknik) (e). (AVBT: *Anterior Vertebral Body Tethering*).

lirken hastanın hareket genişliğinde belirgin bir kısıtlılık oluşturmadan çok daha az kesi yapılarak tedavisi sonuçlandırılabilir.^[26] Deneysel çalışmalar, disk sağlığı esnek bir iple korunduğu için büyüme döneminde disk hareketinin korunduğunu göstermiştir.^[7,29] Yücekul ve ark. ortalama 29 aylık takipli AVBT yapılan hastalarda intervertebral diskler ve faset eklemlerin korunduğunu insanlar üzerinde göstermişlerdir.^[30] Minimum iki yıllık takipte bazı çalışmalarda^[4,27] Cobb açısının 30° ve altında olması klinik başarı kriteri olarak alınırken diğer çalışmalarda^[29,31-33] bu sınır 35° olarak bildirilmiştir.

Tarihçe

Anterior cerrahi ilk olarak Dwyer tarafından 1973 yılında vaka serisi olarak yayınlanmıştır.^[34] Vertebra cisimlerini birbirine esnek titanyum kabloyla bağlayan ve bu hâliyle AVBT tekniğiyle çok benzerlikler taşıyan bu yöntemin uzun dönem başarı sağlayamamasının nedenleri açık cerrahi olması, matür hastalarda füzyon elde etmek amacıyla kullanılması, spondilodez amacıyla disklerin cerrahi olarak alınması olarak sayılabilir.^[35] Biyomekanik ve hayvan çalışmalarının ardından AVBT ilk insan vakası Crawford ve Lenke tarafından 2010 yılında vaka raporu olarak sunulmuştur.^[26]

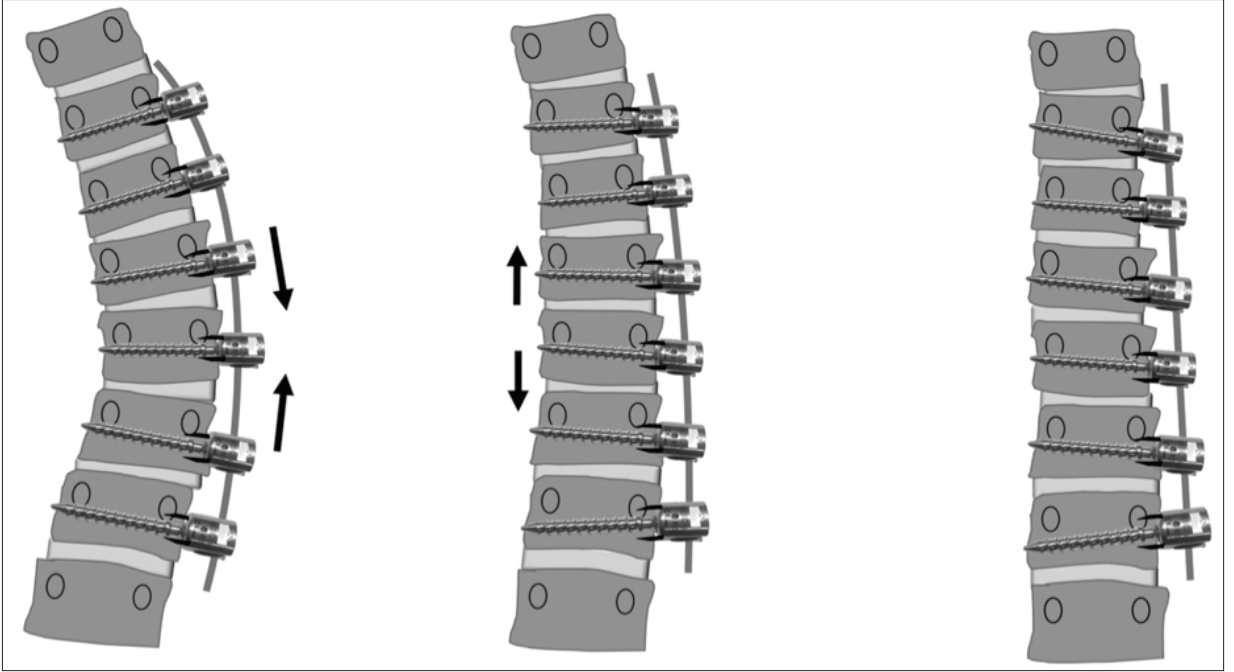
Büyüme Modülasyonu

İlk olarak 1951 yılında Nachlas ve Borden tarafından tariflenen^[36] ve uzun kemiklerin hemiepipifizeziyle deforme düzeltilebilmesinden esinlenen vertebral zımba telleri geliştirilmiş ve takibinde Betz ve ark. tarafından

güncel uygulamaları yayınlanmıştır.^[6] Ancak kullanımları; muhtemel aksiyel rotasyon ve yanıl eğilmede hareket kısıtlaması, zımbaların kemikteki halo etkisi, gevşeme ve >35° eğriliklerde kötü sonuçlar bildirilmesi nedeniyle geniş bir uygulamaya ulaşamamıştır.^[6,8,10,30] Yeni ve daha az sert alternatif yöntem arayışlarında AVBT tekniği ön plana çıkmıştır.^[26] Bu yöntem, Heuter-Volkman ilkesinden yararlanılarak eğriliğin dışbükey tarafındaki büyüme plakaları, gerilim altında sıkıştırılarak büyümeleri engellenirken, içbükey büyüme plakaları büyümeye devam edip, dolayısıyla omurgayı düzeltmektedir. Bu şekilde eğrilikte daha fazla ilerlemeyi önlemek ve mevcut eğriliğin düzelmesini sağlamak için hastanın kalan spinal büyümesini kontrol etmek amaçlanır.^[6] (Şekil 3)

Hasta Seçimi ve Endikasyon

Anterior vertebral gövde gergi bandı için yeniliği nedeniyle bu tekniğin endikasyonları konusunda şu anda bir fikir birliği yoktur ve klinik tecrübe arttıkça zaman içerisinde çeşitlilik kazanmaktadır.^[24] Hasta seçiminde AVBT tekniği iki farklı hasta grubu için kullanılabilir. Birincisi hızlı büyüme potansiyeli mevcut preadolesan dönemde olan ve dolayısıyla spinal ilerleyici eğriliği olan hasta grubudur.^[7,37] Büyümesi tamamlanmış matür veya tamamlanmaya yakın ikinci bir hasta grubu için de kullanımı günümüzde yer bulmuştur.^[13,32,38] Bu ayırmada Alanay ve ark. Sanders sınıflamasını kullanmış ve ilk grup için en ideal hasta grubunu Sanders evre III ve yine uygun hasta grubunu evre IV-V hastalar olarak önermişlerdir. Yazarlar Sanders evre II ve altı hastaların aşırı düzeltme



Şekil 4. Heuter-Volkman ilkesine göre dışbükey büyüme plakaları, gerilim altında sıkıştırılarak eğrilikte ilerleme engellerken, içbükey büyüme plakaları büyümeye devam ederek mevcut eğriliğin düzelmesini sağlar.

(overkoreksiyon) açısından risk altında olduğunu; evre VI ve VII hastaların ise matür kabul edilerek büyüme modülasyonu açısından düşük potansiyelde olduğunu belirtmişlerdir.^[13] Sanders sistemi kalan iskelet büyümesini tahmin etmede iyi olsa da ortopedistler arasında tanımlamada zorluklarla birlikte yeterli ancak kusurlu kesinlik ve doğruluk sergilediği Swaney ve ark. tarafından bildirilmiş ve daha merkezi bir değerlendirme veya eğitim referans kılavuzlarının kullanımı önerilmiştir.^[39] Bunun dışında hastanın iskelet olgunluğunu ölçmek için birçok derecelendirme sistemi ve gösterge önerilmiştir, ancak bu yöntemler genellikle skolyoz için büyüme değerlendirmesinde kritik olan pik büyüme hızını anlamada basitlik veya doğrudan korelasyondan yoksundur.^[7]

Literatür genel olarak sıklıkla torasik bölge için AVBT endikasyonlarından bahsetmektedir.^[40] Eğrilik büyüme potansiyeli yüksek olan iskelet yapısı immatür hastalar için endikasyonlar ilk olarak Samdani ve ark. tarafından 35°-60° arasındaki Cobb eğrilikleri olan, Risser evre≤ 2, Sanders evre≤ 4, en az %50 veya 30°'nin altına inen esnekliği olan, <40° torasik kifoz; ve <20° kaburga kamburu olarak belirlenmiştir.^[41] Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç İdaresi raporundaki endikasyonlar; 5-19 yaş arası 30°-65° Cobb eğriliği olan Risser evre≤ 2, Sanders evre≤ 5 hastalardır.^[21] Parent ve ark. çalışmasında^[24] Lenke tip 1 hastalar için 40°-70° Cobb eğriliği olan, âdet öncesi, triradiad kırıkdağı açık olan Risser evre 0, Sanders evre 4'ün altı, korse tedavisi başarısız olmuş hasta grubu

olarak raporlamış ve Newton'un çalışmasında^[7] 45°-65° aralığında Cobb eğriliği olan, Sanders evre 3 ve 4 hastalar olarak belirtilmiştir. Miyanji ve ark. izole torasik, torakolomber eğrilikleri veya Cobb açıları 45°-65° arasında olan çift major paterni (Lenke tip 3 veya 6) olan iskeletsel olarak olgunlaşmamış hastaları (Risser derecesi 0-2, Sanders skoru < 5, âdet öncesi çocuklar) endikasyon grubuna almıştır.^[6]

Büyümesi tamamlanmış veya tamamlanmakta olan hasta grubunda AVBT'yi Newton ve ark.^[7] gibi önermeyen görüşler olsa da, literatürde iki yıla kadar olan takiplerde olumlu sonuçlar bildirilmektedir.^[13,32,38] İki yılı geçen sürelerde bant ve implantlardaki yetmezliklerden dolayı uzun vadeli düzeltmenin sonuçlarını bildiren daha fazla sayıda çalışmaya ihtiyaç vardır.^[31]

Cerrahi Teknik

Tipik bir sağ torakal eğrilik için cerrahi işlem tek akciğer ventilasyonu ve sağ akciğer deflasyonuna izin vermek için çift lümenli bir tüple entübe edilen hastayla genel anestezi altında gerçekleştirilir. Hasta entübe edildikten sonra, dışbükey taraf yukarı bakacak şekilde lateral dekübit pozisyonuna getirilir ve brakial pleksusun korunması için sol aksillanın altında yumuşak bir jel rulosu yapılır. Hasta flaster veya bir pelvik ped kullanılarak masaya sabitlenir. Üstteki kol, ulnar sinire travma yapmamaya özen göstererek bir kol dayanağına yerleşti-

rilmelidir. Kolun yukarıya çok yükseğe kaldırılmamasına/uzatılmamasına dikkat edilmelidir.

Hasta uygun şekilde pozisyonlandıktan sonra, enstrümantasyon edilecek her bir vertebral cismin uygun şekilde görüntülenmesini ve enstrümantasyonunu sağlamak için giriş noktalarının işaretlemesi yapılmalıdır. Bunun için iki yöntem kullanılabilir. İlki, floroskopiyle her görüntü arasında hizalamaya özen göstererek, cilt üzerinde vertebranın mükemmel bir şekilde ortogonal görünümünü elde etmek için posteroanterior ve lateral görüntülerden giriş noktalarını tahmin etmektir. Diğer bir yöntem, hastanın omurgasını intraoperatif pozisyonlamak için üç-boyutlu navigasyon kullanmak ve prosedüre başlamadan önce gerçek giriş noktalarını tespit etmektir. İşaretlemeler sonrasında cerrahi alan net görünecek şekilde steril boyama ve örtüm uygulanır. Gerektiğinde açık torakotomiye izin vermek için geniş bir şekilde örtünmeye özen gösterilmelidir. Sonrasında anestezi ekibi sağ akciğeri izole ederek söndürür. İlk portal genellikle T5-T6 interkostal boşlukta ön aksiller hatta T5 vertebra gövdesine erişim sağlamak için yapılır. Tasarlanan enstrümantasyon T5'ten daha aşağıda başlarsa daha düşük seviyeli bir portal gerekebilir. Bu ilk portal genellikle kör bir şekilde yerleştirilir, bu nedenle akciğere zarar vermemek için göğüs boşluğuna girerken dikkatli olunmalıdır. Görüntü kalitesi için genellikle 10 mm/45° kamera tercih edilir. Ön aksiller hat boyunca ikinci bir portal, farklı enstrümanların daha iyi görüntülenmesine ve manipülasyonuna izin vermek için kullanılır. Bu portal daha sonra bandın gerdirilmesi için de kullanılacaktır.

Plevra, enstrümantasyon edilecek omurganın tüm uzunluğu boyunca kaburga başı/omur birleşiminin 1 cm önünde harmonik kesiciyle ayrıştırılır. Plevra, segmental damarların açığa çıkmasına ve vidaların güvenli bir şekilde yerleştirilmesine izin vermek için vertebral gövdenin ön kısmına doğru itilerek açılır. Harmonik kesici kullanılarak segmental damarlar bulunur ve kesilir. Kanama genellikle minimaldir. Kanama olursa damarların daha ön tarafta ayrılması kanamanın kontrolünü kolaylaştırabilir. Torakoskopiyle T4'ten L2'ye kadar olan açılım genellikle mümkündür, ancak distal diseksiyon omurganın önündeki diyafram yapışma yerleri tarafından zorlaşabilir. Retroperitoneal diseksiyon genellikle mümkündür ancak bazen vidaları T12'nin distal seviyelerine güvenli bir şekilde yerleştirmek için mini-açık bir retroperitoneal yaklaşım gerekebilmektedir.

Omurga kemik yapısı açığa çıktıktan sonra, enstrümantasyona geçilir. Tipik olarak, her seviyede vertebral monoaksiyel vidaları yerleştirmek için iki portal (bazen üç) kullanılır. Portallar genellikle arka aksiller hattın daha arkasına yerleştirilir. Skapula, en proksimal vertebra seviyelerine doğrudan erişimi engelleyebilir

ve posteriora doğru çekilmesi gerekebilir. Floroskopi altında her vertebral gövdeye bir dişli pul yerleştirilir ve yerine sabitlenir. Daha sonra vida yönelimi hazırlamak için bir vertebral tap kullanılır. Ardından yönelim kemik içerisinde palpe edilip daha sonra vida yerleştirilebilir. Vidaların konumu floroskopi kullanılarak değerlendirilir ve enstrümantasyon distale doğru ilerler. Tüm seviyeler enstrümantasyon edildikten sonra, distal enstrümantasyon portundan bir polietilen bant sokulur ve en proksimal vidaya bağlanır. Spinal deformiteyi kısmen düzeltmek için gerilim uygulanırken bant her bitişik seviyede vida başına art arda takılır. Apikalde daha fazla olacak ve tüm deformiteyi düzeltmeyecek gerginlikte bant sıkılır. Sıkma değerleri için günümüzde tam bir netlik yoktur. Bandın gerilmesi torakal kavite içerisinde forsepsle veya dışında özel aletlerle çekerek sağlanabilir. Germe işleminden sonra her bir vida proksimalden distale bandı sıkıştırarak şekilde kilitlenir. Kablo üstten ve alttan 2-3 cm kadar uzun bırakılır.

Akciğer, her lobun yeniden şişirildiğinden emin olmak için endoskopik görünüm altında yeniden genişletilir. Distal enstrümantasyon portundan bir göğüs tüpü takılır ve diğer portlar anatomik usulüne uygun kapatılır. Göğüs tüpü negatife alınır (-20 cm H₂O). Hastanın tolere ettiği kadar mobilize olmasına izin verilir. Göğüs tüpü ameliyattan 48-72 saat sonra çıkarılır ve hasta ameliyattan sonraki üçüncü veya dördüncü günde eve taburcu edilir. Aktiviteler ilk altı hafta kısıtlanır ve sonrasında tam aktiviteye dönülebilir.^[6,13]

Spinal Füzyon ile AVBT Karşılaştırılması

Literatür, AVBT ve vertebral gövde zımbalama dâhil olmak üzere anterior büyüme modülasyon prosedürleri için %18 ile %41 arasında ve modern enstrümantasyon ile PSF için %3,5 ile %9,9 arasında değişen revizyon oranları göstermiştir.^[37] Füzyon cerrahisinin iyi sonuçları ve düşük komplikasyon oranına rağmen, omurgada sertlik, enfeksiyon, *adding-on* fenomeni, pulmoner-nörolojik hasar ve disk dejenerasyonu gibi perioperatif veya uzun vadeli komplikasyonların varlığı bilinmektedir.^[8] Diğer yandan AVBT, posterior spinal füzyonun neden olduğu sertlik olmaksızın AIS'de oluşan deformiteyi düzeltmek için teorileştirilmiş bir büyüme modülasyon tekniğidir. Şimdiye kadar, AVBT'nin çoğu klinik çalışması, farklı sonuçlara sahip tek cerrah veya tek merkezli vaka serileri olmuştur.

Samdani ve ark., bu tekniğin sonuçlarını değerlendiren 2014 yılındaki iki yıllık takipte ameliyat edilen ve olgunluğa ulaşan 25 hastadan hiçbirinin füzyona ihtiyaç duymadığı ve takipte hem gerdirme uygulanan torakal bölgede; hem yapısal olmayan lomber eğrilikte; hem de kaburga kamburunda düzelmeler bildirmişlerdir.^[41] Bu

vaka serisinde yalnızca iki olguda aşırı düzelme nedeniyle bant gevşetme cerrahisi uygulanmıştır.

Shin ve ark.'nın 24 çalışma üzerinde yaptığı meta analizde ≥ 36 ay takipli çalışmalarda, AVBT için havuzlanmış komplikasyon oranını %25,2 ve tekrar ameliyat oranı %24,7 ve PEF için havuzlanmış komplikasyon oranını %2,9 ve yeniden ameliyat oranı %1,8 olarak bildirmişlerdir.^[6] Qui ve ark., posterior füzyon uygulanan vakalarla benzer deformite büyüklüğü ve olgunluk düzeyinde vertebral *tethering* uygulanan skolyoz hastalarını karşılaştırmış; demografik, klinik değişkenler ve yaşam kalite anketleri açısından farklılık görmemişlerdir.^[42]

Yücekul ve ark. eşleştirilmiş AVBT ile PEF hastalarını karşılaştırmış ve erken dönemde PEF grubunda cerrahi düzelmede daha fazla olsa da iki yıllık takip sonunda düzelme miktarlarının aynı düzeye geldiğini bulmuşlardır. Ayrıca iki grup arasında SRS 22 fonksiyon/aktivite, ara-toplam ve ağrı skorlarının VBT grubunda erken dönem ve takipte füzyona kıyasla daha iyi olduğunu belirtmişlerdir.^[43]

Pehlivanoğlu ve ark. benzer özellikleri eşleştirilmiş torakolomber (T5-L3) bölge ameliyatlısı 21 AVBT ve 22 PEF hastasını karşılaştırmış ve AVBT'nin PEF'e göre daha üstün lomber hareket açıklığına, yaşam kalitesi ve hasta memnuniyetine sahip olduğunu bildirmişlerdir.^[44]

Newton ve ark. ameliyat öncesi tüm deformite ölçümlerinde benzer olan AVBT ve PEF olgularını karşılaştırmış, her iki grubun da anlamlı düzelme elde ettiğini, ancak son takip sırasında AVBT grubunun PEF grubuna göre çok daha fazla radyografik ve klinik deformiteye sahip olduğunu göstermişlerdir. Bu, torasik eğriliğin düzelme yüzdesi (%69 olan PEF'e kıyasla %43) ve gruplar arasında benzer olan omuz dengesi hariç tüm deformite ölçümleri için doğru bulunmuştur. Ancak AVBT grubunda cerrahi süre, tahmini kan kaybı ve enstrümantasyon edilen omur sayısı daha az bildirilmiştir. *Anterior vertebral body tethering* kohortunda ikincil prosedürlerin sıklığı daha fazla bulunmuş ve 23 hastanın yedisi (%30) en az bir revizyon cerrahi prosedür geçirmiştir. Posterior enstrümantasyon ve füzyon grubunda revizyon bildirilmemiştir.^[37]

Komplikasyonlar

Anterior vertebral gövde gergi bandı yöntemine dair komplikasyonlar aşırı düzelme, bant kopması, eğrilik ilerlemesini önleme veya deformite düzelmesinde etkisizlik olarak sıralanabilir ve bunların oluşum risklerini en aza indirmek için iskelet olgunluğunun ve eğrilik büyüklüğünün uç sınırlarında dikkatli olunmalıdır.^[6] Örneğin 10 yaş altı ve triradiat kırıkdağı açık olguda eğriliğin aşırı düzelerek terse dönmesi ve tersi durumda; $>65^\circ$ gibi ileri eğriliği olan olgularda bant kopması veya eğriliğin ilerlemeye devam etmesi gibi komplikasyonlar sık görülür.^[6]

Çok fazla büyüme beklentisi olan ve nispeten küçük bir deformite için çoklu seviyede çok fazla gerdirmeneticesinde aşırı düzeltme (overkoreksiyon) gözlenebilir ve bu bant gevşetme revizyon ihtiyacına neden olabilir.^[6]

Anterior vertebral gövde gergi bandı olgularının %48'ine kadar bildirilmiş olan yüksek bir ip kopma oranı göstermiştir.^[45] Ameliyat sonrası iki grafi arasında 5° 'den fazla açılma olması bant kopması açısından şüphe uyandırmalıdır.^[4] Trobish ve ark. bant kopma oranlarının yüksekliğine rağmen koreksiyon kaybı ve revizyon oranlarının kopmayanlara oranla benzer olduğunu ve çift bant kullanımının kopmalara karşı koruyucu olabileceğini bildirmişlerdir.^[40]

Hoernschemeyer ve ark. tarafından ameliyat öncesi ortalama 48° Cobb açısı ve en az iki yıllık takip süresi olan 29 hastada yapılan bir seride, 20 olguda son takipte %74'lük bir başarı oranı ile 30° altına düzelme bildirilmiştir. Bu kohorttaki hastalar, son iki yıllık takip sırasında 21'i iskelet olgunluğuna ulaşan Risser derecesi ≤ 1 ve Sanders derecesi ≤ 3 olgular iken, iki hastaya posterior füzyon ve dördüne aşırı düzeltme için revizyon uygulanmış, %21'lik bir revizyon oranı bildirilmiştir. On dört hastada (%48) şüpheli bant kopması bildirilmiştir.^[4]

2018 yılında Newton ve ark. AVBT ile tedavi edilen 17 hastanın iki ile dört yıllık sonuçlarını yayınlamıştır. Ortalama yaşı 11 olan Risser derece 0 hasta gruplarının ameliyat öncesi ortalama torasik eğriliği 52° ve en son takipte Cobb açısını $27 \pm 20^\circ$ olarak (%51 düzelme) bildirmişlerdir. Klinik başarılı (Cobb $\leq 35^\circ$) 10 hasta bildirmişler ancak yedi hastada revizyon cerrahisi uygulamışlardır (tam düzelme veya aşırı düzeltme nedeniyle dört bant çıkarma, bir kopmuş bant değişimi, bir kontralateral lomber ip eklenmesi ve üçü henüz yeni planlanmış dört tane füzyon cerrahisi). Yazarlar, AVBT'nin, 17 hastanın 13'ünde spinal büyümeyi modüle etme ve füzyondan kaçınma konusunda güçlü ancak değişken bir yeteneğe sahip olduğu sonucuna varmıştır; çalışma mevcut teknoloji ile %59 başarı oranı ve %47 revizyon oranıyla sonuçlanmıştır.^[31]

Rushton ve ark.'nın 112 vakalık ortalama 37 ay takipli serilerinde ortalama ameliyat öncesi Cobb açısı 51° olan hastalarda erken ameliyat sonrası 27° 'ye ve ardından birinci yılda 23° 'ye düzelme görmüşlerdir. Bir yıl ile son takip arasında bu değer ortalaması 36 vakada (%32) bant kopmasını işaret edecek şekilde 27° 'ye kadar çıkmıştır. Aynı zamanda telafi eğrilikleri (ameliyat öncesi 31° 'den 20° 'ye düzelme) ve kaburga kamburunda (ameliyat öncesi 14° 'den 9° 'ye düzelme) da düzelmeler bildiren yazarlar 25 hastada (%22) 28 komplikasyon bildirmişlerdir. Bu hastaların da içerisinde 18 revizyon operasyonu gerektiren 15 hasta (%13) sunulmuştur. Bu geniş seride

bildirilen komplikasyonlar dört olguda solunum desteği için yoğun bakıma alınmasını gerektiren atelektazi; biri drenaj gerektiren ve diğeri kanama kontrolü için ameliyathaneye alınan iki hemotoraks; iki hastada aile doktorları tarafından tedavi edilen taburculuk sonrası pnömoni gelişimi; bir olguda göğüs dreni çıkarıldıktan sonra kendiliğinden düzelen küçük bir pnömotoraks; ameliyattan 1-2 hafta sonra iki hastada ortostatik baş ağrısı ve kusmayla başvuran ve biri T12 vidasının revizyonunu gerektiren, diğeri ise belirgin bir neden olmaksızın konservatif olarak tedavi edilen beyin omurilik sıvısı kaçağı; sekiz hastada bandın değiştirilmesi/uzatılması/kesilmesi gerekliliği bildirilmiştir. Ayrıca takipte altı vakanın füzyon operasyonu geçirdiği ve bir vakanın da füzyon için beklemekte olduğu ve son olarak bir vakada daha sonra distal eklem yetmezliği için revizyon gerektiği bildirilmiştir. Vakaların %71'inde eğrilikler 35°'nin altında ve füzyon gerekmediğinden son takipte başarılı olarak kabul edilmiştir.^[33]

Meyers ve ark. 90 günlük ameliyat sonrası komplikasyonları bildirdikleri 184 vakalık mevcut AVBT ile tedavi edilen en geniş hasta serisini temsil eden çalışmalarında 12 hastada (%6,5) 12 komplikasyon görmüşlerdir. Bunlardan altı hastada majör komplikasyon (%3,3) gelişmiştir (üç şilotoraks, iki hemotoraks ve bir lomber yeniden ameliyat gerektiren nöral foramenlerde vida sıkışmasına sekonder radikülopati). Ek olarak, altı hastada minör komplikasyonlar (%3,3) bildirilmiştir (ek oksijen gerektiren desatürasyonu olan iki hasta, bir yüzeysel yara enfeksiyonu, iki uzamış bulantı vakası ve yaklaşımın aynı tarafında hem üst hem de alt ekstremitelerde bir Raynaud fenomeni). Yazarlar istatistikî analizde kaburga rezeksiyonu ve çift AVBT'nin, tüm komplikasyon oranını tahmin ediyor gibi görüldüğünü, ancak majör komplikasyonlar için sadece kaburga rezeksiyonunun anlamlı olduğunu belirtmişlerdir.^[46]

Shin ve ark.'nın metaanaliz çalışmasında AVBT hastalarını etkileyen en yaygın komplikasyon ip kopması (%7,5) olarak bildirilmiştir. Çalışmada aşırı düzeltme ikinci en sık görülen AVBT komplikasyonu (%7,5) ve en sık tekrar ameliyat nedeni olarak bulunmuştur. Ek olarak, tüm AVBT komplikasyonlarının %16'sının pulmoner ilişkili olduğu belirtilmiştir. Yazarlar AVBT sonuçlarının takip zamanı arttıkça kötüleşebileceğini vurgulamış ve AVBT ile ilgili klinik çalışmalarda sonuçların, minimum takibin geleneksel iki yıl yerine ≥ 36 ay olması gerektiğini düşündüğünü belirtmişlerdir.^[8]

SONUÇ

Anterior vertebral gövde gergi bandı, spinal harekette azalma, psödoartroz, komşu segment dejenerasyonu,

füzyon cerrahisi ilişkili nörolojik komplikasyonlar, ağrı, implant yetmezliği veya kırılmasını içeren olumsuz sonuçlardan kaçınma potansiyeline sahip füzyonsuz bir tedavi sunar. Artan komplikasyonlara rağmen, AVBT hâlâ emekleme aşamasındadır. Cerrahin deneyimi ve optimal ameliyat teknikleri ve ip özellikleriyle ilgili sınırlı bilgi, sonuçları etkileyebilir. AVBT hakkında daha birçok araştırma devam etmektedir ve birçoğu, teknoloji ve anlayışımızdaki gelişmelerin daha iyi hasta sonuçlarına yol açacağına dair umut vadetmektedir.

KAYNAKLAR

1. Millner PA, Dickson RA. Idiopathic scoliosis: Biomechanics and biology. *Eur spine J* 1996;5(6):362-73. [Crossref](#)
2. Yılmaz H, Zateri C, Kuşvuran Özkan A, Kayalar G, Berk H. Prevalence of adolescent idiopathic scoliosis in Turkey: An epidemiological study. *Spine J* 2020;20(6):947-55. [Crossref](#)
3. Cheung ZB, Selverian S, Cho BH, Ball CJ, Kang-Wook Cho S. Idiopathic scoliosis in children and adolescents: Emerging techniques in surgical treatment. *World Neurosurg* 2019;130:e737-42. [Crossref](#)
4. Hoernschemeyer DG, Boeyer ME, Robertson ME, Loftis CM, Worley JR, Tweedy NM, et al. Anterior vertebral body tethering for adolescent scoliosis with growth remaining: A retrospective review of 2 to 5-year postoperative results. *J Bone Joint Surg Am* 2020;102(13):1169-76. [Crossref](#)
5. El-Hawary R, Chukwunyerena C. Update on evaluation and treatment of scoliosis. *Pediatr Clin North Am* 2014;61(6):1223-41. [Crossref](#)
6. Miyanji F, Samdani A, Farnsworth CL, Newton P. 29 Anterior growth modulation. In: Newton PO, Samdani AF, Shufflebarger HL, Betz RR, Harms J, eds. Idiopathic scoliosis. 2. Edition. New York: Thieme Medical Publishers; 2021. p.311-7.
7. Newton PO. Spinal growth tethering: Indications and limits. *Ann Transl Med* 2020;8(2):27. [Crossref](#)
8. Shin M, Arguelles GR, Cahill PJ, Flynn JM, Baldwin KD, Anari JB. Complications, reoperations, and mid-term outcomes following anterior vertebral body tethering versus posterior spinal fusion: A meta-analysis. *JBJS Open Access* 2021;6(2). [Crossref](#)
9. Krakow AR, Magee LC, Cahill PJ, Flynn JM. Could have tethered: Predicting the proportion of scoliosis patients most appropriate for thoracic anterior spinal tethering. *Spine Deform* 2021;9(4):1005-12. [Crossref](#)
10. Yilgor C, Alanay A. 7 novel nonfusion growth-modulating techniques for pediatric scoliosis. In: Vialle LR, ed. AOSpine masters series. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2018. p. 53-62.
11. Alkhalife YI, Padhye KP, El-Hawary R. New technologies in pediatric spine surgery. *Orthop Clin North Am* 2019;50(1):57-76. [Crossref](#)
12. Schlösser TP, Kruyt MC, Tsirikos AI. Surgical management of early-onset scoliosis: Indications and currently available techniques. *Orthop Trauma* 2021;35(6):336-46. [Crossref](#)

13. Alanay A, Yucekul A, Abul K, Ergene G, Senay Ş, Ay B, et al. Thoracoscopic vertebral body tethering for adolescent idiopathic scoliosis: Follow-up curve behavior according to Sanders skeletal maturity staging. *Spine (Phila Pa 1976)* 2020;45(22):E1483-92. **Crossref**
14. Wilkinson JT, Songy CE, Bumpass DB, McCullough FL, McCarthy RE. Curve modulation and apex migration using Shilla growth guidance rods for early-onset scoliosis at 5-year follow-up. *J Pediatr Orthop* 2019;39(8):400-5. **Crossref**
15. Zhang Y Bin, Zhang JG. Treatment of early-onset scoliosis: Techniques, indications, and complications. *Chin Med J (Engl)* 2020;133(3):351-7. **Crossref**
16. Trupia E, Hsu AC, Mueller JD, Matsumoto H, Bodenstein L, Vitale M. Treatment of idiopathic scoliosis with vertebral body stapling. *Spine Deform* 2019;7(5):720-8. **Crossref**
17. Murray E, Tung R, Sherman A, Schwend RM. Continued vertebral body growth in patients with juvenile idiopathic scoliosis following vertebral body stapling. *Spine Deform* 2020;8(2):221-6. **Crossref**
18. Floman Y, El-Hawary R, Millgram MA, Lonner BS, Betz RR. Surgical management of moderate adolescent idiopathic scoliosis with a fusionless posterior dynamic deformity correction device: Interim results with bridging 5-6 disc levels at 2 or more years of follow-up. *J Neurosurg Spine* 2020;32(5):748-54. **Crossref**
19. Floman Y, El-Hawary R, Lonner BS, Betz RR, Arnin U. Vertebral growth modulation by posterior dynamic deformity correction device in skeletally immature patients with moderate adolescent idiopathic scoliosis. *Spine Deform* 2021;9(1):149-53. **Crossref**
20. Stadhouder A, Holewijn RM, Haanstra TM, van Royen BJ, Kruyt MC, de Kleuver M. High failure rates of a unilateral posterior peri-apical distraction device (ApiFix) for fusionless treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 2021;103(19):1834-43. **Crossref**
21. The TetherTM - Vertebral Body Tethering System - H190005. US Food and Drug Administration. Available from: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfhde/hde.cfm?id=H190005>. Published 2019. (Accessed date: 24.04.2022).
22. Samdani AF, Pahys JM, Ames RJ, Grewal H, Pelletier GJ, Hwang SW, et al. Prospective follow-up report on anterior vertebral body tethering for idiopathic scoliosis: Interim results from an FDA IDE study. *J Bone Joint Surg Am* 2021;103(17):1611-9. **Crossref**
23. Baroncini A, Trobisch PD, Migliorini F. Learning curve for vertebral body tethering: Analysis on 90 consecutive patients. *Spine Deform* 2021;9(1):141-7. **Crossref**
24. Parent S, Shen J. Anterior vertebral body growth-modulation tethering in idiopathic scoliosis: Surgical technique. *J Am Acad Orthop Surg* 2020;28(17):693-9. **Crossref**
25. Newton PO, Fricka KB, Lee SS, Farnsworth CL, Cox TG, Mahar AT. Asymmetrical flexible tethering of spine growth in an immature bovine model. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002;27(7):689-93. **Crossref**
26. Crawford CH, Lenke LG. Growth modulation by means of anterior tethering resulting in progressive correction of juvenile idiopathic scoliosis: A case report. *J Bone Jt Surg* 2010;92(1):202-9. **Crossref**
27. Baker CE, Milbrandt TA, Larson AN. Anterior vertebral body tethering for adolescent idiopathic scoliosis: Early results and future directions. *Orthop Clin North Am* 2021;52(2):137-47. **Crossref**
28. Buyuk AF, Milbrandt TA, Mathew SE, Larson AN. Measurable thoracic motion remains at 1 year following anterior vertebral body tethering, with sagittal motion greater than coronal motion. *J Bone Joint Surg Am* 2021;103(24):2299-305. **Crossref**
29. Miyanji F, Nasto LA, Simmonds A, Pawelek J, Parent S. Safety and efficacy of anterior vertebral body tethering in the treatment of idiopathic scoliosis. *Bone Jt J* 2020;102(12):1703-8. **Crossref**
30. Yücekul A, Akpunarlı B, Durbaş A, Zulemian T, Havlucu I, Ergene G, et al. Does vertebral body tethering cause disc and facet joint degeneration? A preliminary MRI study with minimum two years follow-up. *Spine J* 2021;21(11):1793-801. **Crossref**
31. Newton PO, Kluck DG, Saito W, Yaszay B, Bartley CE, Bastrom TP. Anterior spinal growth tethering for skeletally immature patients with scoliosis: A retrospective look two to four years postoperatively. *J Bone Jt Surg Am* 2018;100(19):1691-7. **Crossref**
32. Bernard J, Bishop T, Herzog J, Haleem S, Lupu C, Ajayi B, et al. Dual modality of vertebral body tethering. *Bone Jt Open* 2022;3(2):123-9. **Crossref**
33. Rushton PRP, Nasto L, Parent S, Turgeon I, Aldebeyan S, Miyanji F. Anterior vertebral body tethering for treatment of idiopathic scoliosis in the skeletally immature: Results of 112 cases. *Spine (Phila Pa 1976)* 2021;46(21):1461-7. **Crossref**
34. Dwyer AF. Experience of anterior correction of scoliosis. *Clin Orthop* 1973;93:191-206. **Crossref**
35. Trobisch PD, Kobbe P, Baroncini A. Dynamic scoliosis correction as alternative treatment for patients with adolescent idiopathic scoliosis: A non-fusion surgical technique. *Z Orthop Unfall* 2020;158(6):641-6. **Crossref**
36. Nachlas IW, Borden JN. The cure of experimental scoliosis by directed growth control. *J Bone Joint Surg Am* 1951;33(1):24-34. **Crossref**
37. Newton PO, Bartley CE, Bastrom TP, Kluck DG, Saito W, Yaszay B. Anterior spinal growth modulation in skeletally immature patients with idiopathic scoliosis: A comparison with posterior spinal fusion at 2 to 5 years postoperatively. *J Bone Joint Surg Am* 2020;102(9):769-77. **Crossref**
38. Hegde SK, Venkatesan M, Akbari KK, Badikillaya VM. Efficacy of anterior vertebral body tethering in skeletally mature children with adolescent idiopathic scoliosis: A preliminary report. *Int J spine Surg* 2021;15(5):995-1003. **Crossref**
39. Swamy LM, Larson AN, Milbrandt TA, Sanders J, Neal KM, Blakemore LC, et al. Inter- and intra-rater reliability and accuracy of Sanders Skeletal Maturity Staging System when used by surgeons performing vertebral body tethering. *Spine Deform* 2022;10(1):97-106. **Crossref**

40. Trobisch PD, Baroncini A. Preliminary outcomes after vertebral body tethering (VBT) for lumbar curves and subanalysis of a 1- versus 2-tether construct. *Eur Spine J* 2021;30(12):3570-6. [Crossref](#)
41. Samdani AF, Ames RJ, Kimball JS, Pahys JM, Grewal H, Pelletier GJ, et al. Anterior vertebral body tethering for idiopathic scoliosis: Two-year results. *Spine (Phila Pa 1976)* 2014;39(20):1688-93. [Crossref](#)
42. Qiu C, Talwar D, Gordon J, Capraro A, Lott C, Cahill PJ. Patient-reported outcomes are equivalent in patients who receive vertebral body tethering versus posterior spinal fusion in adolescent idiopathic scoliosis. *Orthopedics* 2020;44(1):24-8. [Crossref](#)
43. Yücekul A, Ergene G. Outcomes of posterior spinal fusion and vertebral body tethering in patients with adolescent idiopathic scoliosis and evaluation of quality of life. *Ankara Med J* 2021;23(1):441-53. [Crossref](#)
44. Pehlivanoglu T, Oltulu I, Erdağ Y, Aktürk UD, Korkmaz E, Yıldırım E, et al. Comparison of clinical and functional outcomes of vertebral body tethering to posterior spinal fusion in patients with adolescent idiopathic scoliosis and evaluation of quality of life: Preliminary results. *Spine Deform* 2021;9(4):1175-82. [Crossref](#)
45. Trobisch P, Baroncini A, Berrer A, Da Paz S. Difference between radiographically suspected and intraoperatively confirmed tether breakages after vertebral body tethering for idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 2022;31(4):1045-50. [Crossref](#)
46. Meyers J, Eaker L, von Treuheim TDP, Dolgovpolov S, Lonner B. Early operative morbidity in 184 cases of anterior vertebral body tethering. *Sci Rep* 2021;11(1):23049. [Crossref](#)