

Scheuermann Kifoza

Scheuermann's Kyphosis

ÖZ

Scheuermann hastalığı genellikle torasik omurgayı etkileyen ve ergenlik döneminde ortaya çıkan kifotik bir deformitedir. Çoğu hastada sadece kozmetik şikayetlerle ortaya çıkan ve konservatif yöntemlerle tedavi edilen bir rahatsızlıktır. İskelet matürasyonu tamamlanmamış hastalarda korse tedavileri ve fizik tedaviler uygulanmaktadır. 75° üzerinde kifoza, kifotik progresyonu, kozmetik olarak kabul edilemez görünümü veya nörolojik defisiti olan hastalarda cerrahi uygulamalar yapılmaktadır. Cerrahi genellikle sadece posterior yaklaşım ile transpediküler vida stabilizasyonu ve multisegment Ponte osteotomilerini içermektedir. Nadiren de olsa, kifoz açısı çok yüksek olan ve çok rijid olan vakalarda posterior cerrahiye anterior girişim ile serbestlemeler de eklenebilmektedir. Enstrümantasyon uygulanan bütün hastalıklarda olduğu gibi, Scheuermann kifoza vakalarında da kısa ve uzun dönem komplikasyon riskleri bulunmaktadır. Bu komplikasyonlardan kaçınmak için iyi bir preoperatif planlama yapılması çok hayattır.

Anahtar Sözcükler: Kifoz, Scheuermann kifoza, Ponte osteotomi, Komplikasyon

ABSTRACT

Scheuermann's disease is a kyphotic deformity that usually affects the thoracic spine and occurs during adolescence. It is a disorder that often occurs with cosmetic complaints in most patients and is often treated with conservative methods. Brace treatments and physical therapies are applied to skeletally immature patients. Surgical procedures are performed on patients with kyphosis greater than 75°, kyphotic progression, cosmetically unacceptable appearance, or neurological deficits. Surgery generally involves an only-posterior approach with transpedicular screw stabilization and multisegmental Ponte osteotomies. Rarely in cases where the kyphosis angle is very high and very rigid, anterior column releases with anterior approach can be added to the posterior surgery. As with all diseases that require instrumentation, there are short and long-term complications in cases of Scheuermann's kyphosis. Decent preoperative planning is vital to avoid these complications.

Keywords: Kyphosis, Scheuermann's kyphosis, Ponte osteotomy, Complication

GİRİŞ

Scheuermann hastalığı, juvenil kifoz olarak da bilinen, rijid, gelişimsel torasik kifozdur. İlk olarak 1921 yılında Danimarkalı ortopedist Holger Scheuermann tarafından tanımlanan bu kifoz, adölesan kifozunun en sık sebebidir (1-3,17,23,31). Adölesan çağda normal olarak kabul edilen 20°-40° aralığındaki torasik kifoz açısının artışıdır.

Postural kifozun aksine rijid bir kifozdur ve ekstansiyonla düzelme sağlanamaz (29). Toplumda görülme sıklığı %0.4-%8 aralığındadır (1,7,27,29,35). Literatürde erkeklerde iki kat fazla tespit edildiğini gösteren yayınlar olsa da, genelde erkek-kadın oranı eşit olarak kabul edilmektedir (3,17,20,26,29). Hastaların ilk tespit edildiği dönem 8-12 yaş aralığıdır, büyümenin hızlandığı 12-16 yaş aralığı ise hastalığın en sık gözlemlendiği dönemdir

(1,23,35). Hastalığın 2 tipi mevcuttur; torasik tip ve torakolomber tip. Torasik tip en sık görülen formudur ve servikal ve lomber bölgenin hiperlordozu ile gözlenen bir torasik kifoz durumudur. Torakolomber tip, lomber tip veya tip 2 olarak da isimlendirilir ve ağır çalışan veya spor yapan genç erkeklerde gözlenen formudur.

Patofizyoloji ve Etiyoloji

Scheuermann kifozu vertebra korpuslarında kamalaşma, vertebra uç-plaklarında düzensizlik, anterior vertebral kolonun büyümesinde azalma, Schmorl nodülleri, intervertebral disk aralıklarında daralma ve erken disk dejenerasyonu ile karakterize bir tablodur. Bir osteokondroz hastalığı olan Scheuermann kifozu, kalçada görülen Legg-Calvé-Perthes hastalığı ve tuberositas tibiada görülen Osgood-Schlatter hastalığı ile benzer patofizyolojiye sahiptir. Hastalığın patofizyolojisinde osteokondroz, avasküler nekroz, anormal apofiz halka ossifikasyonu ve kırıkta uç-plak dejenerasyonu dahil olmak üzere birçok teori öne sürülmüştür (3,28-31,35). Histopatolojik olarak, vertebral kırıkta ve büyüme plaklarının anormal olduğu, etkilenen bölgelerde düzensiz kondrositler ve anormal kemik büyümesinin olduğu, ancak kemik nekrozu olmadığı tespit edilmiştir (29). Schmorl nodüllerinin sıklıkla tespit edilmesi, diskin anormal uç-plaklar yoluyla vertebral korpusa doğru fitiklaştığının göstergesidir.

Hastalığın etiolojisinde, idiyopatik olgular çoğunlukta olmak üzere, enfeksiyonlar (epifizit vb.), heredite, vitamin A eksikliği, malnütrisyon, poliomiyelit, endokrin anomaliler, juvenil osteoporoz ve tekrarlayan mikro travmalar suçlanmıştır (1,29). Damborg ve ark. tarafından yapılan ve Danimarka'da yaşayan 35.000 ikizinin incelendiği çalışmada tek yumurta ikizlerinde hastalık oranlarının çok daha fazla olduğu ve otomozal dominant bir genetik geçiş paterninin söz konusu olduğu tespit edilmiştir (6). Literatürde Scheuermann kifozu hastalarında kemik mineral yoğunluğunun normal popülasyona kıyasla daha düşük olduğunu gösteren pek çok araştırma bulunmaktadır (1,3). Çoğu araştırmacı, Scheuermann kifozunun patogenezinde mekanik faktörlerin de önemli rol oynadığı konusunda hemfikirdir. Olgunlaşmamış omurgada aksiyal yüklenmeye sebep olan tekrarlayıcı aktivitelerin (ağır spor yapan atletler ve bedenen çalışan işçiler) Scheuermann kifozunun gelişiminde önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir (20,23,26,35). Artmış boy ve kilo, kısa sternum varlığı gibi diğer faktörler de bu hastalığın etiolojisinde suçlanmış olup bunların kesinliği teyit edilememiştir (9).

Klinik Semptomlar

Scheuermann kifozu hastalarının en sık başvuru şikâyetleri kamburluk yani deformiteye bağlı kozmetik sıkıntılardır (3,26). Bu hastalarda ağrı şikâyeti daha az, nörodefisitler ise çok daha az görülmektedir. Bu hastalarda ağrı çeşitli faktörlerden kaynaklanabilir. Disk dejenerasyonu veya inflamatuvar lezyonlar, özellikle kifozun apeksinde ağrıyı tetikleyebilir (27). Lomber bölgedeki ağrılar sıklıkla kas kaynaklı ağrılardır ancak disk herniasyonu veya spondilolizis kaynaklı ağrılar olabilecekleri de akılda tutulmalıdır. Scheuermann kifozu hastalarında spondilolistezin normal popülasyona göre daha sık gözlemlendiği tespit edilmiştir (24).

Scheuermann kifozu hastalarında duyuşsal ve motor nörodefisitlerin görülme oranı %9 kadardır ve nadir olarak gözlenmektedir (1,5,26). Nörolojik defisitlerin gelişme mekanizmaları arasında torakal disk herniasyonları, kifotik açılanma, spinal kordun gerilmesi, ekstradural spinal kistler, osteoporotik kompresyon kırıkları ve Adamkiewicz arterinin kompresyonu bulunmaktadır (26,29). Bu hastalıkla birlikte skolyoz görülme sıklığı %15-33 aralığındadır (1,5,27). Kifoz açısı 100° ve üzeri olan hastalarda restriktif akciğer hastalığına bağlı solunum problemleri de gelişebilir (23).

Scheuermann kifozu torasik veya torakolomber yerleşimli olabilir. Rijid bir kifoz olduğu için omurganın hiperekstansiyonunda düzelme görülmez. Dizleri bükmeden öne eğilme pozisyonunda yandan bakıldığında (Adams testi) deformitede keskin bir açılanma izlenmektedir. Omurga deformitesine ek olarak, sıklıkla omuz anteriorunda, Harmstring ve iliopsoas kas gruplarında kontraktürler saptanabilir (1,29).

Nöroradyoloji

Scheuermann kifozunun tanısında kullanılan radyodiagnostik tetkikler arasında; 2 yönlü skolyoz grafileri, hiperfleksiyon ve hiperekstansiyon grafileri, spinal bilgisayarlı tomografi (BT) ve spinal manyetik rezonans görüntüleme (MRG) tetkikleri bulunmaktadır. Radyolojik olarak izlenen bulgular şunlardır:

- Torasik Cobb açısında kifoz artışı
- Kifozun rijid olması
- Vertebra korpuslarında kamalaşma
- Vertebra uç-plaklarında düzensizlik
- Schmorl nodülleri

- İntervertebral disk dejenerasyonları
- Disk mesafelerinde daralma

Scheuermann kifoza tanısı konulması için literatürde 2 yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan birincisi 1964 yılında Sorensen tarafından tariflenen 3 ardışık omurgada en az 5°'lik kamalaşma bulgusudur (29). Daha sonraki yıllarda tariflenen ve daha yaygın olarak kabul gören ikinci tanı kriteri ise 45° ve üzeri torasik kifoza eşlik eden en az 1 kama vertebra varlığıdır (27,35).

TEDAVİ

Scheuermann kifoza tedavinin hedefleri, deformitenin düzeltilmesi, ağrı ve nörolojik semptomların azaltılması ve kozmetik olarak iyi bir görünüm elde edilmesidir. Bu amaçlar doğrultusunda konservatif ve cerrahi tedaviler uygulanmaktadır.

Konservatif Tedavi

Scheuermann kifoza için konservatif yönetim stratejileri, yakın gözlem, yoğun fiziksel rehabilitasyon ve korse tedavilerini içermektedir. Spinal cerrahların bir kısmı hastaların iskelet matürasyonları tamamlanana kadar ameliyatın ertelenmesini savunmaktadır (29). Genel olarak bu hastaların, omurgada aksiyal yüklenmeye sebep olan tekrarlayıcı aktivitelerden kaçınmaları gerekmektedir. 60° ve altındaki hafif-orta kifoza vakalarında sıkı takip ve yakın gözlem ile fizik tedavi uygulamaları yeterli olabilmektedir (1,20,29). Semptomatik olan bütün Scheuermann kifoza hastalarına fizik tedavi uygulanmalıdır (33). Yoğun rehabilitasyon programları, ağrının giderilmesine ve kas-iskelet sistemi fonksiyonlarının iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır (33). Kifoza kaynaklı restriktif akciğer hastalığı olan hastalara özel solunum rehabilitasyonu da başlanmalıdır (26). Bu hastalarda uygulanan rehabilitasyon programları ile postüral kontrolü geliştirmek, gövdeyi güçlendirmek (özellikle gövde ekstansörlerini) ve gövde kas ve tendonlarını geliştirmek amaçlanmaktadır (33).

Scheuermann kifoza hastalarında cerrahi işlemlere başlamadan önce uygulanacak diğer konservatif basamak korse uygulamalarıdır. Özellikle 60° ile 70° aralığında kifoza olan veya kifoza açısından bağımsız, uygulanan fizik tedavi rehabilitasyona rağmen ağrı şikayeti devam eden hastalarda korse uygulaması yapılmalıdır (20,22,26,28,29). 1974 yılında Bradford ve ark. tarafından yayınlanan ve günümüze kadar pek çok çalışmada incelenen Milwaukee korsesi, Scheuermann kifoza hastalarında en yaygın

kullanılan korse çeşididir (3,22,28). Özellikle torasik Scheuermann kifoza Milwaukee korsesi kullanılırken, torakolomber Scheuermann kifoza underarm korseler önerilmektedir (Şekil 1). Bu korselere alternatif olarak tasarlanmış Boston korsesi (torakolumbosakral ortez) ve Gschwend korsesi gibi ortezler de mevcuttur (34). Yapılan çalışmalarda, korse tedavisine uyum sağlayan (günlük 16-21 saat kullanım) hasta gruplarında %35-65 aralığında başarı oranları saptanmıştır (3,22,28).

Cerrahi Tedavi

Scheuermann kifoza hastalarında, cerrahi tedaviler genellikle 70-75° üzerinde kifoza, konservatif tedavilere rağmen devam eden inatçı ağrı, kozmetik olarak kabul edilemez görünüm, nörolojik defisit, ilerleyici deformite ve pulmoner yetmezlik gibi faktörlerin bulunduğu hastalara önerilmektedir (1,7,13,14,17,20,23,26,35). Uygulanan cerrahi tedaviler arasında, geçmişte anterior serbestleştirme ve sonrasında posterior fiksasyon uygulamaları yaygın olarak kullanılmıştır (3,14). Ancak günümüzde modern posterior yaklaşım ve osteotomi tekniklerinin gelişmesi ile anterior serbestleştirme ihtiyacı azalmıştır. Yaygın olarak kullanılan yöntem posterior osteotomi (özellikle Ponte osteotomiler) eşliğinde posterior uzun segment fiksasyon yöntemidir (10,14,36) (Şekil 2). Çok ciddi ve rijid kifoza varlığında ise önce anterior serbestleştirme, gereklilik halinde anterior interbody destek ve sonrasında posterior uzun segment fiksasyon uygulanmaktadır (3,12,14,36). Özellikle yaşlı büyük olan hastalarda kifoza ciddiyetinin ve rijid hale gelişiminin arttığı tespit edilmiştir (14).

Literatür incelendiğinde, sadece posterior ve anterior-posterior (AP) yaklaşım karşılaştırıldığında, kifoza düzeltme oranlarının AP cerrahilerde daha yüksek olduğu ancak sadece posterior uygulananlarda da yeterli düzeltmenin sağlandığı gösterilmiştir (7,14,16,17,19,21,26). Özellikle 80° ve üzeri kifoza olan, ekstansiyon pozisyonunda 50° altına düzeltme sağlanamayan veya psödoartroz riski yüksek ek hastalıkları olan hastalarda AP yaklaşımın uygulanması önerilmektedir (29). AP yaklaşım klasik torakotomi yöntemi veya video-assisted torakoskopi (VATS) yöntemleriyle uygulanabilmektedir (12).

Son 2 dekatta osteotomi tekniklerinin gelişmesi ile sadece posterior girişimler ön plana çıkmıştır (10,30,32). Bu cerrahilerde yaygın olarak uygulanan osteotomi tekniği Ponte osteotomisidir (Schwab grade 2) (32). Bu teknikte faset eklem inferior ve superior eklem yüzeyleri birlikte rezeke edilmekte ve yaklaşık 5°-10° kadar bir korreksiyon



Şekil 1: Scheuermann kifo­zunun konservatif tedavisinde kullanılan; A) Milwaukee korsesi ve B) underarm korsesi.



Şekil 2: Scheuermann kifo­zunun cerrahi tedavisine uygulanan manevraların şematik görüntüsü. Sırasıyla; multisegment uygulanan Ponte osteotomiler sonrası omurganın posteriodan ve lateralden görüntüsü, transpediküler vidalar uygulandıktan sonra rod­ların cantilever manevrası ile yerleştirilmesi, rod­lar önce kranialden kaudale doğru yerleştirilirken, vida kapakları kaudaldan kraniale doğru sıkılmaktadır.

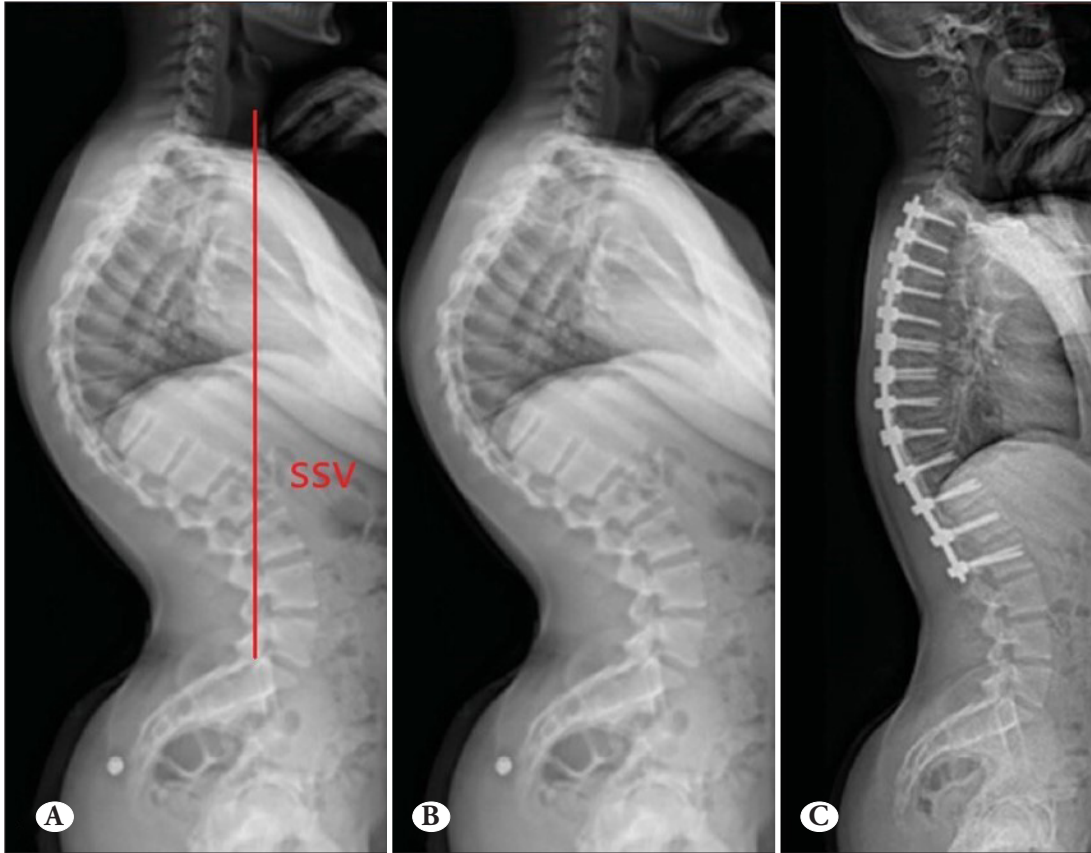
sağlanmaktadır. Multiseviye uygulanan Ponte osteotomiler genellikle Scheuermann kifoza hastalarında yeterli olmaktadır, ancak ileri derecede kifoza olan hastalarda pedikül çıkarma osteotomisi gibi daha ileri seviyede osteotomiler gerekebilmektedir (10,18,30). Sadece posterior girişim klasik olarak, kifozun apeksinin hizası, altı ve üstünde uygulanan multiseviye Ponte osteotomilerini ve rodların cantilever manevrası ile yerleştirilirken apeks hizasında kompresyon uygulanmasını içermektedir (10) (Şekil 2).

Scheuermann kifozunun enstrümantasyonunun seviye tayininde en üst vertebra eğriliğin içindeki en proksimal vertebra olarak belirlenmelidir, son yıllarda yaygın olarak kabul edilen tekniğe göre en alt vertebra sagittal stabil vertebra (SSV) olarak belirlenmelidir. SSV posterior sakral vertikal çizginin en üstte (proksimalde) kestiği vertebra olarak tespit edilmektedir (Şekil 3A). Önceki dönemlerde en alt vertebra ilk lordotik diske göre tespit edilirken,

son dönemde yapılan çalışmalarla SSV'nin en alt vertebra olarak uygulandığı vakalarda komplikasyon oranlarının belirgin olarak azaldığı tespit edilmiştir (5,7,15,30). Mevcut literatüre göre füzyon seviyelerini belirlemede kullanılan yöntem şu şekilde olmaktadır; en alt vertebra olarak SSV belirlenmekte, SSV ile kifozun apeksi arasında kaç vertebra varsa apekten o kadar vertebra yukarı çıkarak en üst vertebra seviyesi de tayin edilmektedir (15,25,30). SSV L2 olan vakada, kifozun apeksi T8 ise en üst vertebra bu hesaba göre T2 olarak tespit edilmektedir (Şekil 3).

Komplikasyonlar

Scheuermann kifozunun cerrahi tedavisi sonrası komplikasyon oranları %15-%40 aralığındadır (7,16,19,29). Komplikasyonları erken dönem ve geç dönem olarak sınıflayabiliriz. Erken dönem komplikasyonlar arasında yeni gelişen nörolojik defisitler, yüzeysel veya derin yara yeri enfeksiyonları ve torakotomi yapılan hastalarda ge-



Şekil 3: Scheuermann kifoza olan 18 yaşındaki erkek hastanın; **A)** preoperatif lateral direkt grafide SSV tespiti (posterior sakral vertikal çizginin kestiği en proksimaldeki-yukarıdaki vertebra olan L2 vertebra SSV olarak belirlenmiş), **B)** hastanın preoperatif lateral direkt grafisinde apeksi T8 vertebra olan Scheuermann kifozunun görüntüsü, **C)** hastanın postoperatif lateral direkt grafisinde T2-L2 arası uygulanan posterior stabilizasyonun görüntüsü.

lişen pulmoner komplikasyonları sayabiliriz (19,20,29). Geç dönem komplikasyonlar arasında ise psödoartroza bağlı deformitenin tekrarlaması, implant yetmezliği veya kırılması, proksimal bileşke kifoza (PJK) ve distal bileşke kifoza (DJK) bulunmaktadır (7,16,17,19). Vakaların yaklaşık olarak %17'sinde ilerleyen dönemlerde revizyon cerrahisi ihtiyacı olmaktadır (29).

Cerrahi esnasında fazla koreksiyona bağlı gelişen nörodefisitlerin önüne geçmek için intraoperatif nöromonitörizasyon (İONM) kullanılması, somatosensoryal uyarılmış potansiyeller (SEP), motor uyarılmış potansiyeller (MEP) ve elektromyografi (EMG) kayıtlarının tutulması çok hayatidir (30). Cheh ve ark. tarafından yapılan çalışmada, opere edilen 14 Scheuermann kifoza hastasının 5'inde İONM değer kaybı saptanmıştır. Yapılan koreksiyonda gevşetme ve kan basıncı optimizasyonu sonrasında hastaların İONM değerlerinin tekrar kazanılması ve kalıcı nörodefisit olmadan bu komplikasyonların atlatılması sağlanmıştır (4).

Anterior cerrahi uygulanan vakalarda bu girişime özgü komplikasyonlar olan hemotoraks, pnömotoraks, pulmoner emboli, süperior mezenter embolisi, pnömoni ve yara yeri enfeksiyonları gibi enfeksiyonlar görülebilmektedir (2,12,16,17). Huq ve ark. tarafından yapılan meta-analizde, komplikasyon oranlarının AP cerrahi uygulanan serilerde sadece posterior uygulananlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (14). AP cerrahi serisinde pulmoner komplikasyonlar (%25) ön plana çıkarken, sadece posterior cerrahi grubunda implant yetmezliği veya kırılması (%21) ön plana çıkmaktadır. Literatürdeki diğer çalışmalar da incelendiğinde AP cerrahi ile sadece posterior cerrahi karşılaştırmasında, sadece posterior cerrahide daha az kanama ve daha kısa ameliyat süresi ile birlikte özellikle enfeksiyon komplikasyonlarının daha az görüldüğü tespit edilmiştir (8,13,14,17,21). Lee ve Lenke tarafından yapılan çalışmada, koreksiyon oranları çok yakın olan (%51.8 vs %54.2) AP ve sadece posterior cerrahi girişimlerin komplikasyon oranları (%38 vs %0) arasında belirgin fark saptanmıştır (17).

Scheuermann kifozunun cerrahi tedavisi sonrası uzun dönem komplikasyonlarının en önemlilerinden birisi bileşke kifozlarıdır. Literatürde PJK ve DJK oranlarının %15 oranına kadar çıktığı saptanmıştır (3,19,20,25,30). Lonner ve ark. tarafından yapılan 78 hastayı içeren çalışmada, PJK oranı %32, DJK oranı %5.1 oranlarında bulunmuştur (19). Bu komplikasyonların önlenmesi

için yapılan uygulamalar arasında, üst son vertebranın enstrümantasyon içerisine alınması, füzyon başlangıç ve bitiminde komşu sağlam vertebraların yumuşak dokularının (ligamentum flavum, faset eklem kapsülü vb.) korunması, sağlam vertebralar ile füzyona giren vertebralar arasındaki interspinöz ligamanların korunması, aşırı koreksiyondan kaçınılması, posterior stabilizasyon setinin en üst kısmının hooklar kullanarak tamamlanması gibi uygulamalar bulunmaktadır (11,16,19,30). Bütün bu uygulamalara rağmen bileşke kifoza komplikasyonlarının önlenmesinde en önemli basamağın füzyon seviyelerinin isabetli tayini olduğu düşünülmektedir. Önceki dönemlerde en alt vertebra ilk lordotik diske göre tespit edilirken, son dönemde yapılan çalışmalarla SSV'nin en alt vertebra olarak uygulandığı vakalarda DJK oranlarının belirgin olarak azaldığı tespit edilmiştir (5,7,15,30).

SONUÇ

Scheuermann kifozunun tedavisi genellikle konservatif yöntemlerle yapılmakta ve Milwaukee korsesi eşliğinde fizik tedavi uygulamalarını içermektedir. Ancak belirli endikasyonlar dahilinde cerrahi girişimler uygulanmaktadır. Cerrahi uygulama olarak genellikle sadece posterior girişimler uygulanmakta ve transpediküler vida ile stabilizasyon ve multisegment Ponte osteotomiler kifozun düzeltilmesinde yeterli olmaktadır. Çok yüksek dereceli ve çok rijid olan vakalarda posteriora ek olarak anterior girişimler de eklenmektedir. Ancak AP cerrahi yapılan vakalarda komplikasyon oranlarının daha fazla olduğu göz ardı edilmemelidir. Yapılan cerrahilerde kısa ve uzun dönem komplikasyonların önlenmesinde bazı uygulamalar yapılmaktadır. Bunların arasında füzyon seviyelerinin isabetli tespitinin en önemlisi olduğu düşünülmektedir. Son güncel literatüre göre, SSV'nin en alt enstrümantate vertebra olarak tespiti ve kifoz apeksi ile SSV arasındaki mesafe kullanılarak en üst enstrümantate vertebranın belirlenmesinin özellikle uzun dönem PJK ve DJK komplikasyon oranlarını azalttığı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Bezalel T, Carmeli E, Been E, Kalichman L: Scheuermann's disease: Current diagnosis and treatment approach. J Back Musculoskelet Rehabil 27(4):383-390, 2014
2. Bilgiç S, Erşen Ö, Eroğlu M, Ege T, Koca K, Oğuz E, Şehirlioğlu A: Treatment of Scheuermann kyphosis with posterior transpedicular screws. Gulhane Med J 54(1):65-69, 2012

3. Bradford DS, Ahmed KB, Moe JH, Winter RB, Lons-
tein JE: The surgical management of patients with
Scheuermann's disease: A review of twenty-four cases ma-
naged by combined anterior and posterior spine fusion. *J
Bone Joint Surg Am* 62(5):705-712, 1980
4. Cheh G, Lenke LG, Padberg AM, Kim YJ, Daubs MD,
Kuhns C, Stobbs G, Hensley M: Loss of spinal cord moni-
toring signals in children during thoracic kyphosis correc-
tion with spinal osteotomy: Why does it occur and what
should you do? *Spine (Phila Pa 1976)* 33(10):1093-1099,
2008
5. Cho W, Lenke LG, Bridwell KH, Hu G, Buchowski JM,
Dorward IG, Pahys JM, Cho SK, Kang MM, Zebala LP,
Koester LA: The prevalence of abnormal preoperative neu-
rological examination in Scheuermann kyphosis: Correla-
tion with X-ray, magnetic resonance imaging, and surgical
outcome. *Spine (Phila Pa 1976)* 39(21):1771-1776, 2014
6. Damborg F, Engell V, Andersen M, Kyvik KO, Thomsen
K: Prevalence, concordance, and heritability of Scheuer-
mann kyphosis based on a study of twins. *J Bone Joint
Surg Am* 88(10):2133-2136, 2006
7. Dikici F, Akgul T, Sariyilmaz K, Korkmaz M, Ozkunt O,
Sar C, Domanic U: Selection of distal fusion level in terms
of distal junctional kyphosis in Scheuermann kyphosis. A
comparison of 3 methods. *Acta Orthop Traumatol Turc*
52(1):7-11, 2018
8. Etemadifar M, Ebrahimzadeh A, Hadi A, Feizi M: Com-
parison of Scheuermann's kyphosis correction by combined
anterior-posterior fusion versus posterior-only procedure.
Eur Spine J 25(8):2580-2586, 2016
9. Fotiadis E, Kenanidis E, Samoladas E, Christodoulou A,
Akritopoulos P, Akritopoulou K: Scheuermann's disease:
Focus on weight and height role. *Eur Spine J* 17(5):673-
678, 2008
10. Geck MJ, Macagno A, Ponte A, Shufflebarger HL: The Pon-
te procedure: Posterior only treatment of Scheuermann's
kyphosis using segmental posterior shortening and pedicle
screw instrumentation. *J Spinal Disord Tech* 20(8):586-
593, 2007
11. Hassanzadeh H, Gupta S, Jain A, El Dafrawy MH, Sko-
lasky RL, Kebaish KM: Type of anchor at the proximal
fusion level has a significant effect on the incidence of pro-
ximal junctional kyphosis and outcome in adults after long
posterior spinal fusion. *Spine Deform* 1(4):299-305, 2013
12. Herrera-Soto JA, Parikh SN, Al-Sayyad MJ, Crawford AH:
Experience with combined video-assisted thoracoscopic
surgery (VATS) anterior spinal release and posterior spinal
fusion in Scheuermann's kyphosis. *Spine (Phila Pa 1976)*
30(19):2176-2181, 2005
13. Horn SR, Poorman GW, Tishelman JC, Bortz CA, Segreto
FA, Moon JY, Zhou PL, Vaynrub M, Vasquez-Montes D,
Beaubrun BM, Diebo BG, Vira S, Raad M, Sciubba DM,
Lafage V, Schwab FJ, Errico TJ, Passias PG: Trends in tre-
atment of scheuermann kyphosis: A study of 1,070 cases
from 2003 to 2012. *Spine Deform* 7(1):100-106, 2019
14. Huq S, Ehresman J, Cottrill E, Ahmed AK, Pennington
Z, Westbroek EM, Sciubba DM: Treatment approaches for
Scheuermann kyphosis: A systematic review of historic and
current management. *J Neurosurg Spine* 32(2):235-247,
2019
15. Kim HJ, Nemani V, Boachie-Adjei O, Cunningham ME,
Iorio JA, O'Neill K, Neuman BJ, Lenke LG: Distal fusion
level selection in scheuermann's kyphosis: A comparison of
lordotic disc segment versus the sagittal stable vertebrae.
Global Spine J 7(3):254-259, 2017
16. Koller H, Lenke LG, Meier O, Zenner J, Umschlaeger M,
Hempfung A, Hitzl W, Bridwell KH, Koester LA: Com-
parison of anteroposterior to posterior-only correction
of scheuermann's kyphosis: A matched-pair radiographic
analysis of 92 patients. *Spine Deform* 3(2):192-198, 2015
17. Lee SS, Lenke LG, Kuklo TR, Valenté L, Bridwell KH, Si-
des B, Blanke KM: Comparison of Scheuermann kyphosis
correction by posterior-only thoracic pedicle screw fixation
versus combined anterior/posterior fusion. *Spine (Phila Pa
1976)* 31(20):2316-2321, 2006
18. Lin G, Wang S, Yang Y, Su Z, Du Y, Xu X, Chai X, Wang
Y, Yu B, Zhang J: The effect of pedicle subtraction osteo-
tomy for the correction of severe Scheuermann thoraco-
lumbar kyphosis on sagittal spinopelvic alignment. *BMC
Musculoskelet Disord* 22(1):165, 2021
19. Lonner BS, Newton P, Betz R, Scharf C, O'Brien M, Spon-
seller P, Lenke L, Crawford A, Lowe T, Letko L, Harms J,
Shufflebarger H: Operative management of Scheuermann's
kyphosis in 78 patients: Radiographic outcomes, complica-
tions, and technique. *Spine (Phila Pa 1976)* 32(24):2644-
2652, 2007
20. Lowe TG: Scheuermann's kyphosis. *Neurosurg Clin N Am*
18(2):305-315, 2007
21. McDonnell JM, Ahern DP, Lui DF, Yu H, Lehovskiy J,
Noordeen H, Molloy S, Butler JS, Gibson A: Two-stage
anterior and posterior fusion versus one-stage posterior fu-
sion in patients with Scheuermann's kyphosis. *Bone Joint J*
102-B(10):1368-1374, 2020
22. Montgomery SP, Erwin WE: Scheuermann's kyphosis-
long-term results of Milwaukee braces treatment. *Spine
(Phila Pa 1976)* 6(1):5-8, 1981
23. Murray PM, Weinstein SL, Spratt KF: The natural history
and long-term follow-up of Scheuermann kyphosis. *J Bone
Joint Surg Am* 75(2):236-248, 1993

24. Ogilvie JW, Sherman J: Spondylolysis in Scheuermann's disease. *Spine (Phila Pa 1976)* 12(3):251-253, 1987
25. Olguner SK, Gezercan Y: Scheuermann's kyphosis. *Türk Nöroşirürji Derneği Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Grubu Bülteni* 91(2):43-49, 2021
26. Palazzo C, Sailhan F, Revel M: Scheuermann's disease: An update. *Joint Bone Spine* 81(3):209-214, 2014
27. Ristolainen L, Kettunen JA, Heliövaara M, Kujala UM, Heinonen A, Schlenzka D: Untreated Scheuermann's disease: A 37-year follow-up study. *Eur Spine J* 21(5):819-824, 2012
28. Sachs B, Bradford D, Winter R, Lonstein J, Moe J, Willson S: Scheuermann kyphosis. Follow-up of Milwaukee-brace treatment. *J Bone Joint Surg Am* 69(1):50-57, 1987
29. Saigal R, Patel VM, Chou D: Evaluation and treatment of Scheuermann kyphosis. Winn HR (ed), Youmans and Winn Neurological Surgery, 8th ed, Philadelphia: Elsevier, 2023:2738-2742
30. Sardar ZM, Ames RJ, Lenke L: Scheuermann's kyphosis: Diagnosis, management, and selecting fusion levels. *J Am Acad Orthop Surg* 27(10):e462-e472, 2019
31. Scheuermann HW: The classic: Kyphosis dorsalis juvenilis. *Clin Orthop Relat Res* 128:5-7, 1977
32. Schwab F, Blondel B, Chay E, Demakakos J, Lenke L, Tropicano P, Ames C, Smith JS, Shaffrey CI, Glassman S, Farcy JP, Lafage V: The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. *Neurosurgery* 74(1):112-120, 2014
33. Weiss HR, Dieckmann J, Gerner HJ: Effect of intensive rehabilitation on pain in patients with Scheuermann's disease. *Stud Health Technol Inform* 88:254-257, 2002
34. Weiss HR, Turnbull D, Bohr S: Brace treatment for patients with Scheuermann's disease - a review of the literature and first experiences with a new brace design. *Scoliosis* 4:22, 2009
35. Wenger DR, Frick SL: Scheuermann kyphosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 24(24):2630-2639, 1999
36. Yun C, Shen CL: Anterior release for Scheuermann's disease: A systematic literature review and meta-analysis. *Eur Spine J* 26(3):921-927, 2017