



**SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ METİN SABANCI
BALTALIMANI KEMİK HASTALIKLARI SAĞLIK UYGULAMA VE
ARAŞTIRMA MERKEZİ**

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ KLİNİĞİ

**ADOLESAN İDİOPATİK SKOLYOZDA HALKA APOFİZ
EVRESİNİN DEFORMİTE İLERLEYİŞİ İLE İLİŞKİSİ**

Dr. Hayrani Cem Karataşlı

TIPTA UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL 2024



**SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ METİN SABANCI
BALTALIMANI KEMİK HASTALIKLARI SAğLIK UYGULAMA VE
ARAŞTIRMA MERKEZİ**

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ KLİNİğİ

**ADOLESAN İDİOPATİK SKOLYOZDA HALKA APOFİZ
EVRESİNİN DEFORMİTE İLERLEYİŞİ İLE İLİŞKİSİ**

Dr. Hayrani Cem Karataşlı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ali Öner

TIPTA UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL 2024

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim döneminde, tecrübe ve bilgisini aktararak iyi bir uzman olarak yetişmemde büyük emeği olan kliniğimiz eğitim sorumlusu sayın Prof. Dr. Mehmet Akif Kaygusuz' a sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım.

Önce iyi bir hekim, sonra iyi bir cerrah olmak konusunda desteğini benden hiç esirgemeyen, her zaman arkamda duran; asistanlık sürecinde gerek klinik şefimiz, gerekse tez danışmanım olarak bana emek veren değerli hocam, ağabeyim Doç. Dr. Ali Öner'e sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım.

Bilgisi ve tecrübesiyle bizlere vizyon gösteren, desteklerini esirgemeyen başhekimimiz sayın Doç. Dr. Bülent Karşlıoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Uzmanlık eğitimim boyunca üzerimde emeği olan, usta-çırak, abi-kardeş samimiyetiyle tüm bildiklerini aktaran ve yolumu aydınlatan; şu an birlikte çalıştığım ve geçmişte beraber çalışma fırsatı bulduğum tüm öğretim üyeleri ve uzman abilerime yetişmemde gösterdikleri özen ve tarifsiz katkıları nedeniyle ayrı ayrı teşekkür ederim.

Ortopedi ve travmatoloji uzman doktoru olma sürecinin tüm zorluklarını ve güçlüklerini ve ayrıca tüm keyfini ve heyecanını, bir aile olarak birlikte paylaştığım, aynı kinikte birlikte çalışmaktan gurur duyduğum tüm asistan abilerime ve kardeşlerime teşekkür ederim.

11 Ekim 2019 tarihinde görevi başındayken aramızdan ayrılan merhum Dr. Kaan Erol' u saygı, sevgi ve rahmetle anıyorum.

Serviste, poliklinikte, idari kısımda ve ameliyathanede birlikte çalışma imkânı bulduğum tüm hemşire, sekreter, personel ve teknisyen arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde en büyük payın sahibi, hep yanımda olan annem Çiğdem Karataşlı'ya, babam Abdurrahman Karataşlı'ya, ablam Ceren Saruhanoğlu'na, abim Alp Saruhanoğlu'na ve hep yüzümü güldüren yeğenim Pamir Saruhanoğlu'na sevgi ve minnetlerimi sunarım. Son olarak bu yoğun çalışma döneminde hep en yakınım olan sevgilim Miray Selva Çınaroğlu'na sevgi ve minnetlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1. EMBRİYOLOJİ	3
2.2. HALKA APOFİZLERİN ANATOMİSİ VE GELİŞİMİ	5
2.3. SKOLYOZ	7
2.3.1. Tanım	7
2.3.2. Sınıflandırma	7
2.3.3. Prevalans.....	7
2.3.4. Adölesan İdiopatik Skolyoz.....	8
2.3.4.1. Etiyoloji:.....	8
2.3.4.2. Klinik Değerlendirme:	10
2.3.4.3. Tedavi Seçenekleri:.....	11
3. GEREÇ VE YÖNTEM	12
4. BULGULAR.....	15
4.1. DEMOGRAFİK BULGULAR.....	15
4.2. RADYOLOJİK BULGULAR	16
5. TARTIŞMA	39
6. SONUÇ	45
KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİŞ	52

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1- Skolyoz

Şekil 2- Notokordal plak, notokord yapısını oluşturacak şekilde kıvrıldıktan sonra, etrafını saran mezoderm tabakası paraaksiyal, intermediyer ve lateral mezoderm olarak spesifik bölgelere ayrılır. Bu ayrışma sürecinin ilerlemesiyle, paraaksiyal mezodermden 42 somitin gelişimi sağlanır.

Şekil 3- 11 haftalık fetüste C2 vertebrada nöral arkı oluşturan posterolateral ossifikasyon merkezleri

Şekil 4- 11 haftalık fetüste T4 vertebrada ön orta hatta yer alan ossifikasyon merkezi

Şekil 5- (a) Ossifiye olmuş ve vertebral cisme füzyonu başlamış olan halka apofizler (kırmızı daire içinde); (b) intervertebral disk ve Sharpey liflerinin kırkırdak dokuya tutunmasının şematik anatomik gösterimi. A: kırkırdak endplate. B: nucleus pulposus. C: annulus fibrosus

Şekil 6- BT kesitlerinde vertebral halka apofizlerin matürasyon fazları

Şekil 7- Vertebraların midsaggital ve midcoronal görüntüleri

Şekil 8- Birinci ve ikinci gözlem arasında üst halka apofizlerin matürasyon değişimi (etki büyüklüğünün negatif çıkması ilk gözlemde ikinci gözleme artış olduğu anlamındadır) (Wilcoxon signed-rank test)

Şekil 9- Birinci ve ikinci gözlem arasında alt halka apofizlerin matürasyon değişimi (etki büyüklüğünün negatif çıkması ilk gözlemde ikinci gözleme artış olduğu anlamındadır) (Wilcoxon signed-rank test)

Şekil 10- Birinci ve ikinci gözlem arasında tüm halka apofizlerin matürasyon değişimi (etki büyüklüğünün negatif çıkması ilk gözlemde ikinci gözleme artış olduğu anlamındadır) (Wilcoxon signed-rank test)

Şekil 11- Apeks vertebra üst halka apofiz evrelerindeki kategorik değişim ile Cobb açısı % değişimi korelasyonuna ilişkin grafik

Şekil 12- Apeks vertebra alt halka apofiz evrelerindeki kategorik değişim ile Cobb açısı % değişimi korelasyonuna ilişkin grafik

Şekil 13- Eğriliğin tamamındaki vertebraların üst halka apofiz evrelerindeki kategorik değişim ile Cobb açısı % değişimi korelasyonuna ilişkin grafik

Şekil 14- Eğriliğin tamamındaki vertebraların alt halka apofiz evrelerindeki kategorik değişim ile Cobb açısı % değişimi korelasyonuna ilişkin grafik

Şekil 15- Risser evrelerindeki kategorik değişim ile Cobb açısı % değişimi korelasyonuna ilişkin grafik

Şekil 16- - Humerus proksimal fiz evrelerindeki kategorik değişim ile Cobb açısı % değişimi korelasyonuna ilişkin grafik



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1- Cinsiyete göre örneklem

Tablo 2- İlk BT tarihindeki yaş

Tablo 3- İki BT arası geçen süre

Tablo 4- Apeks vertebra konumları

Tablo 5- Araştırmaya dahil edilen eğriliğin end vertebralar arası seviyesi

Tablo 6- İlk ölçümdeki Cobb açısı değerleri

Tablo 7- Hastaların ilk ölçümlerindeki Risser Evresi dağılımı

Tablo 8- Hastaların ilk ölçümlerindeki Humerus Proksimal Fiz Evresi dağılımı

Tablo 9- İki ölçüm arasında Cobb açılarındaki değişim

Tablo 10- Hastaların Risser ve Humerus Proksimal Fiz Evreleri'nin ilk ve ikinci ölçümler arasındaki değişimi

Tablo 11- Üst ve alt halka apofizlerin matürasyon karşılaştırması

Tablo 12- Üst ve alt halka apofizlerin metürasyon evrelerinin vertebralar bazında karşılaştırılması

Tablo 13- Üst ve alt halka apofizlerin metürasyon evrelerinin yaş bazında karşılaştırılması

Tablo 14- Apeks vertebra üst ve alt halka apofiz matürasyon değerleri

Tablo 15- Eğriliğin tamamını içeren vertebralarda üst ve alt halka apofiz matürasyon değerleri

Tablo 16- Apeks vertebra üst ve alt halka apofizlerinin iki ölçüm arasındaki matürasyon evreleri değişimi

Tablo 17- Ölçüm yapılan eğrilikteki tüm vertebraların üst ve alt halka apofizlerinin iki ölçüm arasındaki matürasyon evreleri değişimi

Tablo 18- Apeks vertebra üst halka apofiz evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki ilişki

Tablo 19- Apeks vertebra üst halka apofiz evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimine ilişkin Kruskal Wallis Test sonuçları

Tablo 20- Dunn's Post Hoc Comparisons Testi neticesinde apeks vertebra üst halka apofiz için sonuçlar (İstatistiki olarak anlamlı karşılaştırma sarı kutucuk içinde verilmiştir)

Tablo 21- Apeks vertebra alt halka apofiz evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki ilişki

Tablo 22- Apeks vertebra alt halka apofiz evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimine ilişkin Kruskal Wallis Test sonuçları

Tablo 23- Dunn's Post Hoc Comparisons Testi neticesinde Apeks vertebra alt halka apofiz için sonuçlar (istatistiki olarak anlamlı sonuç bulunamamıştır)

Tablo 24- Eğriliğin tamamındaki vertebraların üst halka apofizlerinin matürasyon evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki ilişki

Tablo 25- Eğriliğin tamamındaki vertebraların üst halka apofizlerinin matürasyon evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimine ilişkin Kruskal Wallis Test sonuçları

Tablo 26- Dunn's Post Hoc Comparisons Testi neticesinde eğriliğin tamamındaki vertebraların üst halka apofizleri için sonuçlar (İstatistiki olarak anlamlı karşılaştırmalar sarı kutucuk içinde verilmiştir)

Tablo 27- Eğriliğin tamamındaki vertebraların alt halka apofizlerinin matürasyon evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki ilişki

Tablo 28- Eğriliğin tamamındaki vertebraların alt halka apofizlerinin matürasyon evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimine ilişkin Kruskal Wallis Test sonuçları

Tablo 29- Dunn's Post Hoc Comparisons Testi neticesinde eğriliğin tamamındaki vertebraların alt halka apofizleri için sonuçlar (istatistiki olarak anlamlı sonuç bulunamamıştır)

Tablo 30- Risser evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki ilişki

Tablo 31- Risser evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki değişimine ilişkin Kruskal Wallis Test sonuçları

Tablo 32- Dunn's Post Hoc Comparisons Testi neticesinde Risser evreleri için sonuçlar (istatistiki olarak anlamlı sonuç bulunamamıştır)

Tablo 33- Humerus proksimal fiz evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki ilişki

Tablo 34- Humerus proksimal fiz evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki değişimine ilişkin Kruskal Wallis Test sonuçları

Tablo 35- Dunn's Post Hoc Comparisons Testi neticesinde Humerus proksimal fiz evreleri için sonuçlar (İstatistiki olarak anlamlı karşılaştırmalar sarı kutucuk içinde verilmiştir)



SİMGELER VE KISALTMALAR

AİS: Adolesan idiyatik skolyoz

AP: Antero-posterior

BT: Bilgisayarlı tomografi

GA: Güven aralığı

MRG: Manyetik rezonans görüntüleme

STD: Standart

ÖZET

Amaç: Adolesan idiopatik skolyozun (AİS) etiyolojisine dair çok çeşitli hipotezler bulunmaktadır. Literatür tarandığında bunlardan üzerine belki de en az çalışılan halka apofiz matürasyonu ve skolyoz gelişiminin ilişkili olduğudur. Biz bu çalışmamızda AİS hastalarında halka apofiz matürasyon evresi ile skolyotik deformitenin gelişimi arasındaki ilişkiyi incelemek suretiyle, halka apofiz matürasyon süreçlerinin AİS etiyolojisinde oynadığı rolü göstermeyi amaçlamaktayız. Bunun yanında doğrudan vertebral gelişim süreciyle ilişkili olan halka apofizlerin ossifikasyon ve füzyon süreçlerini inceleyerek bu bilgiler ışığında skolyozda prognoz tayinini daha isabetli yapıp yapamayacağımızı ortaya koymak niyetindeyiz.

Gereç ve Yöntem: M.S. Baltalimanı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ne 2003 ve 2023 yılları arasında başvuru yapmış olan ve AİS tanısı alan hastalar tarandı. Bu hastalardan ameliyat öncesi dönemde en az iki adet çeşitli sebeplerle çekilmiş spinal bilgisayarlı tomografi (BT) tetkiki ve buna ek olarak iki adet ayakta skolyoz grafisi olan hastalar arasından belirtilen aynı tip tetkiklerinin arasında en az 6 ay olan hastalar seçildi. Seçilen 36 adet hastanın verileri retrospektif olarak tarandı ve analiz edildi. Hastaların halka apofizlerinin matürasyon derecelendirmesi ilk ve ikinci BT tetkiklerinde yapıldı, bunun yanında Cobb açılarının da ilk ve ikinci skolyoz grafiğinde ölçümü yapıldı ve kaydedildi. Halka apofiz matürasyon derecelerindeki değişim ile Cobb açısı değişimi arasındaki korelasyon incelendi. Bu incelemelere ek olarak hastaların ilk ve ikinci skolyoz grafiğinden elde edilen Risser ve humerus proksimal fiz evrelemelerinin de Cobb açısı değişimi ile ilişkisi araştırıldı.

Bulgular: Çalışmamızda apeks vertebra üst halka apofizlerinin matürasyon süreci ile Cobb açısındaki değişim arasındaki ilişkide istatistiki olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p=0,022$). Buna göre halka apofiz matürasyonu arttıkça Cobb açısındaki değişim azalmaktadır. Bu bulguyu destekler nitelikteki bir diğer bulgu ise, eğriliğe dahil olan tüm vertebra ların üst halka apofizlerinin matürasyonu ile Cobb açısı arasındaki ilişki de istatistiki olarak anlamlıdır ($p=0,006$). Ne var ki apeks vertebra alt halka apofizlerinin matürasyonu ile Cobb açısı değişimi arasındaki ilişki de apeks vertebra üst halka apofizin verilerine benzese de bu ölçümlerimizde istatistiki olarak anlamlı

bir sonuç ortaya çıkmamıştır ($p=0,093$). Eğriliğe dahil olan tüm vertebraların alt halka apofizlerinin matürasyonu ile Cobb açısı arasındaki ilişkiye dair yapılan analizlerde de istatistiki olarak anlamlı sonuca ulaşamamıştır ($p=0,092$).

Sonuç: Çalışmamızda AIS hastalarında halka apofiz matürasyon evresi daha ileri olan hastalarda Cobb açısındaki artış hızının anlamlı düzeyde azaldığını gördük. Bazı diğer omurga dışı matürasyon belirteçleri incelendiğinde de matürasyon arttıkça deformite ilerleme hızının azaldığı bilgisine sahip olsak da bizim çalışmamızda doğrudan omurga gelişimini yansıtan bir parametrede bu korelasyon gösterilmiştir. Bu sonuçtan yola çıkarak hızlı büyüme evresinde daha immatür halka apofizlere sahip olan, ya da halka apofiz matürasyon sürecinin uzadığı hastalarda deformitenin daha hızlı ilerleyeceğini söyleyebilmekteyiz. Bu veriler ışığında halka apofiz matürasyonuna dair görüntülemelerle skolyozda deformitenin prognozuna dair daha isabetli yorumlar yapılabileceğini savunmaktayız.

Anahtar Kelimeler: Adolesan idiopatik skolyoz, Cobb açısı, halka apofiz, humerus proksimal fiz, Risser evrelemesi

ABSTRACT

Aim and Purpose: There are various hypotheses regarding the etiology of adolescent idiopathic scoliosis (AIS). Among these, one of the least explored topics in the literature is the relationship between ring apophysis maturation and the development and prognosis of scoliosis. In this study, we aim to investigate the association between the maturation stage of the ring apophysis and the progression of scoliotic deformity in AIS patients, thereby elucidating the role of ring apophysis maturation processes in the etiology of AIS. Additionally, by examining the ossification and fusion processes of the ring apophyses, which are directly related to vertebral development, we seek to determine whether these findings can improve the accuracy of prognostic predictions in scoliosis.

Materials and Methods: Patients diagnosed with adolescent idiopathic scoliosis (AIS) who presented to the M.S. Baltalimanı Bone Diseases Training and Research Hospital between 2003 and 2023 were retrospectively reviewed. Among these, patients with at least two spinal computed tomography (CT) scans performed for various reasons during the preoperative period and at least two standing scoliosis X-rays were included in the study. To be eligible, there was a minimum interval of six months between the corresponding imaging studies. A total of 36 patients meeting these criteria were identified, and their data were analyzed retrospectively.

The level of maturation of the vertebral ring apophyses was assessed on both the first and second CT scans. Additionally, Cobb's angles were measured on the first and second scoliosis X-rays and recorded. The correlation between changes in vertebral ring apophyseal maturation and changes in Cobb's angles was evaluated. Furthermore, the relationship between Cobb's angle changes and the Risser stages as well as proximal humeral physeal stages, obtained from the first and second scoliosis X-rays, was also investigated.

Results: In our study, a statistically significant relationship was found between the maturation process of the superior ring apophyses of the apex vertebra and the changes in the Cobb's angle ($p=0.022$). Accordingly, as the maturation of the ring apophyses increases, the changes in the Cobb's angle decrease. Supporting this

finding, there was also a statistically significant relationship between the maturation of the superior ring apophyses of all vertebrae involved in the curve and the Cobb's angle ($p=0.006$). However, although the relationship between the maturation of the inferior ring apophyses of the apex vertebra and the changes in the Cobb's angle showed similarities to the superior apophyses data, this measurement did not yield statistically significant results ($p=0.093$). Similarly, analyses of the relationship between the maturation of the inferior ring apophyses of all vertebrae involved in the curve and the Cobb's angle did not result in statistically significant findings ($p=0.092$).

Conclusion: In our study, we observed that the rate of Cobb's angle progression significantly decreased in AIS patients with more advanced stages of ring apophysis maturation. While previous researches have shown that the progression of spinal deformity slows as general skeletal maturity markers improve, our findings demonstrate this correlation using a parameter directly reflecting spinal development. Based on these results, we propose that patients with more immature ring apophyses or those with delayed apophyseal maturation during the rapid growth period are more likely to experience faster progression of spinal deformity. In light of this evidence, we advocate for the use of imaging assessments of ring apophysis maturation as a predictive tool to enhance the accuracy of prognostic evaluations in scoliosis deformity progression.

Keywords: Adolescent idiopathic scoliosis, Cobb's angle, humerus proximal physis, ring apophyses, Risser staging

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Skolyoz, omurganın en yaygın görülen deformitelerinden biridir. Bu terim, Antik Yunanca'da "eğilme" anlamına gelen "skolios" kelimesinden türetilmiştir.



Şekil 1- Skolyoz

Skolyoz, omurganın koronal planda 10 derece veya daha fazla laterale eğilmesi olarak tanımlanır(1). Skolyoz, yalnızca koronal plandaki eğrilikle sınırlı bir durum olmayıp, omurganın hem sagittal hem de aksiyel planlarda da şekil bozukluğu geliştirdiği üç boyutlu bir deformite olarak karşımıza çıkar(2). Bu duruma edinilmiş ve yapısal faktörler neden olabilir; ancak vakaların %90'ı, çocukluk ve ergenlik döneminde görülen idiopatik skolyoz olarak sınıflandırılır. Hastalık her ne kadar idiopatik olarak ifade edilse de hastalığın gelişimiyle ilgili bazı hipotezler mevcuttur, bunlar; trombosit Ca^{2+} -ATPaz ekspresyonundaki farklılıklar (3), genetik yatkınlık (4), vasküler asimetri (5), biyomekanik (6), kalmodulin metabolizması bozuklukları (7), melatonin eksikliği (8), propiyosepsiyon bozukluklarıdır (9).

İdiopatik skolyoz tanısı, kapsamlı bir fizik muayene sonrası nörolojik sebeplerin ve diğer genetik patolojilerin tespit edilememesi, radyolojik incelemelerle konjenital nedenlerin dışlanması ve doğuştan gelen anomalilerin bertaraf edilmesi ile konulur (10).

Bugüne kadar, adolesan idiyopatik skolyoz (AİS) üzerine yapılan morфометrik araştırmalar primer ossifikasyon merkezlerinden oluşan pedikül ve vertebra gövdelerindeki asimetri ya da üç boyutlu deformiteye odaklanmıştır. Fakat halka apofizlerin ossifikasyonu ve matürasyonu üzerine yapılan araştırmalar çok sınırlıdır(11).

Bizim çalışmamızda AİS gelişiminde halka apofizlerin matürasyon sürecinin skolyozdaki deformite ilerleyişi ile bir ilişkisinin olup olmadığı sorgulanmaktadır. Skolyozu olmayan bireylerde, hızlı büyüme evresinde orta torakal vertebralarda kadınlarda erkeklere göre daha immatür evrelerde halka apofizler görülmüş ve bunun skolyoz gelişimi ile ilişkili olabileceği gösterilmiştir (12). Çalışmamızda halka apofiz matürasyon evresi ile skolyoz arasında ilişki olup olmadığını ve bu vesileyle halka apofizlerin skolyoz patogenezinde oynadığı rolü ortaya koymayı amaçlamaktayız. Bu temel amacın yanında halka apofizlerin vertebral kolon üzerindeki yerine göre matürasyon evrelerinin aynı zaman diliminde aynı hasta üzerinde karşılaştırılması yapılmak suretiyle halka apofizlere dair bilginin artırılmasını da amaçlamaktayız. Halka apofiz ve AİS patogenezi arasındaki ilişkiyi araştırmanın yanında eğriliğin progresyon potansiyelini tahmin etmede de halka apofizleri kullanabileceğimiz fikri üzerine, halka apofiz matürasyon evresi ile birlikte hastaların Risser ve proksimal humerus fiz evrelemelerinin de Cobb açısındaki değişimle olan korelasyonunu araştırıp, halka apofizleri de bir iskelet matürasyonu belirteci olarak kullanıp kullanamayacağımızı da ortaya koymayı amaçlamaktayız.

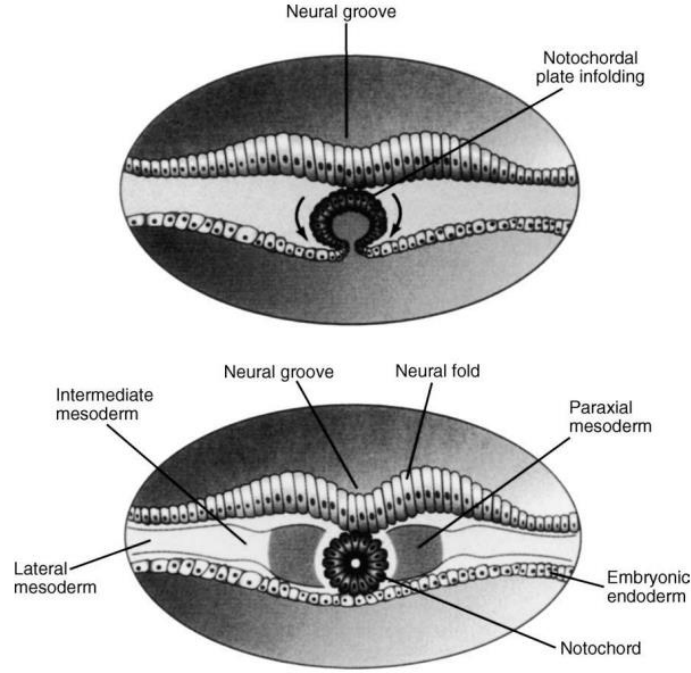
2.GENEL BİLGİLER

2.1. EMBRİYOLOJİ

Omurganın uzaması hem vertebra gövdelerinin hem de intervertebral disklerin yüksekliğinde meydana gelen artışın bir birleşimidir. Vertebra gövdelerinin uzaması mekanik faktörlerden bağımsız olabilirken, intervertebral disklerin büyümesi dik duruşta ağırlık taşıma ile ilişkili aktivitelerden etkilenebilir (13).

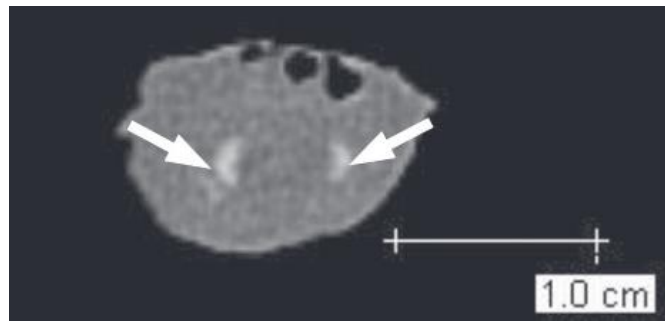
İnsan gelişimi doğum öncesinde iki temel döneme ayrılır: embriyonik dönem ve fetal dönem. Gebeliğin 8. haftasının sonuna kadar süren kısım embriyonik dönem olarak adlandırılırken, 9. haftadan doğuma kadar devam eden süreç fetal dönem olarak tanımlanır. Embriyonik dönemde organların oluşumu, yani organogenezis, büyük oranda tamamlanırken, fetal dönemde ise organizmanın hızlı büyümesi ve olgunlaşması ön plandadır.

Omurganın gelişimi, embriyonik dönemin erken safhalarında başlar. Gastrulasyon sonrasında, notokordun etrafındaki mezoderm, kraniokaudal yönde ilerleyen 42 çift somite dönüşen paraaksiyal bir bölge oluşturur (Şekil 1). Her bir somitten, kas ve deriyi oluşturan dermomiyotom ile omurganın kemik yapısını meydana getiren sklerotom gelişir. Sklerotom, farklılaşma ve yeniden şekillenme süreçleriyle omurganın iskeletini oluşturur(14,15).

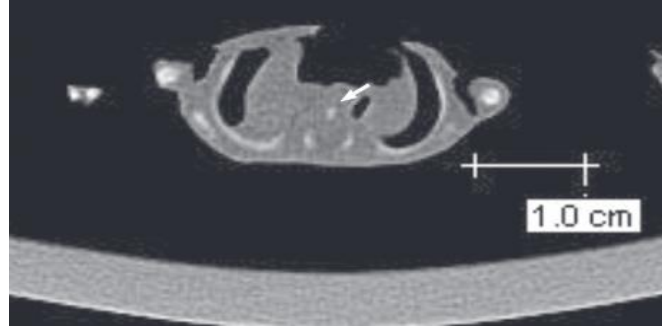


Şekil 2- Notokordal plak, notokord yapısını oluşturacak şekilde kıvrıldıktan sonra, etrafını saran mezoderm tabakası paraaksiyal, intermediyer ve lateral mezoderm olarak spesifik bölgelere ayrılır. Bu ayrışma sürecinin ilerlemesiyle, paraaksiyal mezodermden 42 somitin gelişimi sağlanır(14).

Bir vertebra, üç primer ossifikasyon merkezi ile şekillenir. Ön tarafta orta hat üzerinde yer alan bir ossifikasyon merkezi vertebra gövdesinin büyük kısmını oluştururken, iki posterolateral ossifikasyon merkezi nöral arkın iki yarısını ve vertebra gövdesinin arka bölümünü oluşturur (Şekil 3,4). Bu ossifikasyon süreci, embriyonik dönemin ikinci yarısında başlar ve üç ana merkez doğuma yakın bir dönemde birleşmeye başlar(14).



Şekil 3- 11 haftalık fetüste C2 vertebrada nöral arkı oluşturan posterolateral ossifikasyon merkezleri(16)

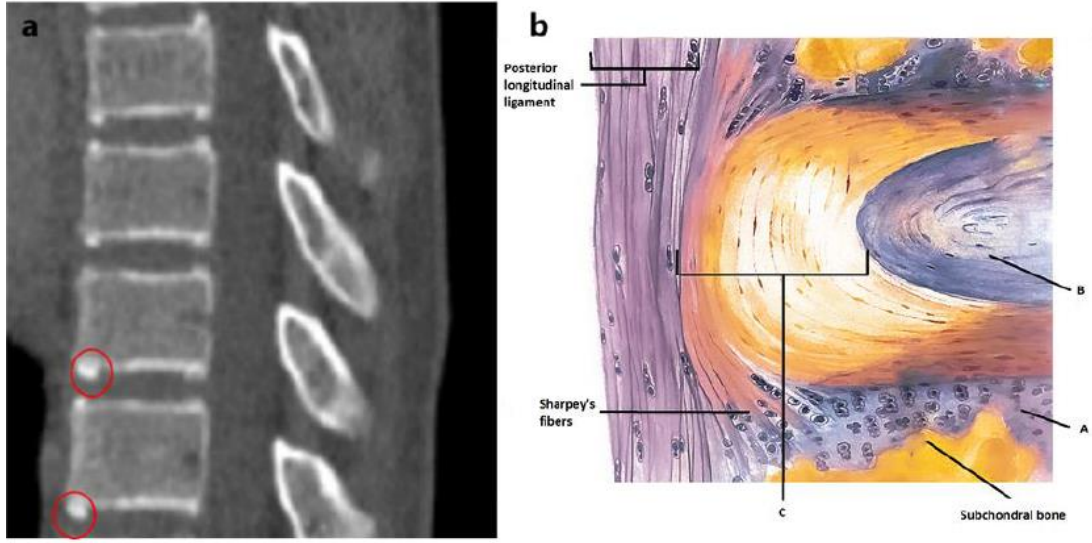


Şekil 4- 11 haftalık fetüste T4 vertebrada ön orta hatta yer alan ossifikasyon merkezi(16)

Her bir vertebrada beş sekonder ossifikasyon merkezi bulunur. Bu merkezlerden iki tanesi transvers çıkıntıların uçlarında, bir tanesi spinöz çıkıntıda ve ikisi de orta hattaki ossifikasyon merkezinin üst ve alt yüzeylerinde yer alır. Bu sekonder merkezler, büyüme döneminde ossifiye olur ve yaklaşık 25 yaşına kadar vertebranın geri kalan yapısıyla birleşir(17). Spinöz ve transvers çıkıntıların dışında orta hatta bulunan iki sekonder ossifikasyon merkezi halka apofizlerdir(16).

2.2. HALKA APOFİZLERİN ANATOMİSİ VE GELİŞİMİ

Halka apofizler vertebral cismin sefalad ve kaudal yüzeylerinde bulunan sekonder ossifikasyon merkezleridir. Vertebral cisim ve intervertebral disk arasında ara yüz oluşturan bu yapılar vertebral end plate kenarlarında halka şeklinde bulunur. Bu yapılar traksiyon tipi apofiz ile uyumlu olup, Sharpey lifleri aracılığıyla omurganın longitudinal ve intervertebral bağlarının tutunma noktalarını sağlar (Şekil 5) (18,19).



Şekil 5- (a) Ossifiye olmuş ve vertebral cisme füzyonu başlamış olan halka apofizler (kırmızı daire içinde); (b) intervertebral disk ve Sharpey liflerinin kıkırdak dokuya tutunmasının şematik anatomik gösterimi. A: kıkırdak endplate. B: nucleus pulposus. C: annulus fibrosus (12)

Halka apofizler, epifiz plağının bir parçası değildir ve omurganın longitudinal büyümesine katılmazlar (20). Büyüme sürecinde, vertebra gövdelerinin alt ve üst yüzeylerini kuşatırlar. Annulus fibrozusun en dış tabakasını oluşturan Sharpey lifleri, halka apofize tutunarak intervertebral diski komşu vertebralara bağlar (13,21). İskelet matürasyonu sürecinde, başlangıçta kıkırdaktan oluşan bu disk bağlantıları ossifikasyona uğrayarak vertebra gövdeleriyle bütünleşir (22). Bu ossifikasyon süreci, omurgaya binen yüklerin hızla arttığı büyüme döneminde disk-vertebra kompleksi açısından önemli mekanik stabilite sağlar. Ancak, büyüme sürecinde bu olayın farklı aşamalarına dair bilgi sınırlıdır (11,23).

Omurganın dengeli bir şekilde büyüebilmesi için, intervertebral disklerin gelişen mekanik özelliklerinin hızla artan yüklerle uyum içerisinde olması gerekmektedir (24). Skolyozda deformitenin büyük bir kısmı disk bölgesinde meydana gelir ve bu süreç genellikle hızlı büyüme döneminde gerçekleşir(12). İntervertebral diskin mekanik olgunlaşması ile artan asimetrik spinal yüklenme arasında bir dengesizlik oluştuğunda, omurga deformitelerinin gelişme riski ortaya çıkabilir (24–28).

2.3. SKOLYOZ

2.3.1. Tanım

Skolyoz, omurganın kompleks bir üç boyutlu deformitesi olup, antero-posterior (AP) radyografide en az 10 derece lateral açılanma ile karakterize edilen ve vertebral rotasyonun eşlik ettiği bir deformitedir (29). Skolyoz eğrisinin apeksi, omurga merkez hattına en uzak olan ya da en fazla rotasyon gösteren vertebra veya intervertebral disk düzeyindedir. Eğrinin uç end vertebraları, skolyoz eğrisinin apeksi ile en büyük açıyı yapan vertebralar olarak tanımlanır.

Skolyozun derecesi Cobb açısı ile değerlendirilir. Cobb açısı, eğriliğin en belirgin açısal deformitesini yansıtır ve bu açı, superior end vertebranın üst end plate'inden çizilen doğru ile inferior end vertebranın alt end plate'inden çizilen doğrunun kesişim noktasından hesaplanır (30). Bu yöntem, skolyozun cerrahi veya konservatif tedavi gerekliliğini belirlemede temel ölçüt olarak kabul edilmektedir.

2.3.2. Sınıflandırma

Skolyoz genellikle başlangıç yaşına (konjenital, infantil, juvenil, adölesan ve yetişkin) veya etiyolojisine (nöromusküler, idiyopatik, konjenital, sendromik, enfeksiyon/travma/tümör yoluyla destrüktif ve dejeneratif) göre sınıflandırılır(31). Basitlik açısından iki ana grup vardır: idiyopatik skolyoz ve idiyopatik olmayan skolyoz. İdiyopatik skolyoz tanısı, ekartasyon yöntemi ile konur.

2.3.3. Prevalans

Skolyoz, çocukluk ve ergenlik döneminde en sık karşılaşılan omurga deformitesidir. Pediatrik popülasyonda, küçük eğrilikler açısından her iki cinsiyet de benzer oranlarda etkilenirken, kadınlarda 40 derecenin üzerindeki eğriliklerin görülme olasılığı erkeklere kıyasla yedi kat daha fazladır. AIS, en yaygın skolyoz tipi olup, mevcut literatüre göre genel prevalansı %0.47 ile %5.2 arasında değişmektedir(32). Yetişkin popülasyonda skolyoz prevalansı 25 yaşın üzerindeki bireylerde %8'in üzerinde olup, bu oran 60 yaşın üzerindeki bireylerde %68'e kadar yükselmektedir(33,34). Skolyoz vakalarının yaklaşık %20'si başka patolojik etkenlere

bağlı iken, %80'i idiopatik kökenlidir. Vakaların %10'u konservatif tedavi gerektirirken, yalnızca %0.1 ila %0.3'ü cerrahi müdahale ile tedavi edilmektedir(35).

2.3.4. Adölesan İdiopatik Skolyoz

AİS, ergenlik döneminin başlarında ortaya çıkan bir deformite olup, özellikle kadınlarda daha yüksek oranda görülmektedir. Bu durum, özellikle daha büyük spinal eğriliklere sahip bireylerde belirginleşmektedir. Cobb açısı arttıkça, kadın ve erkek arasındaki oran da belirgin şekilde değişiklik gösterir. 10 ile 20 derece arasındaki eğriliklerde kadın/erkek oranı 1,4:1 iken, 40 dereceyi aşan eğriliklerde bu oran 7,2:1'e kadar çıkabilmektedir(36,37). Daha büyük eğrilikler, eğriliğin ilerleme potansiyelinin artmasıyla doğrudan ilişkilidir. Özellikle büyüme süreci devam eden bireylerde eğriliğin ilerleme riski daha yüksektir.

AİS'te genellikle eğrilik apeksi sağa doğru yer değiştirir ve bu eğrilik en sık torakal ve torakolomber bölgede gözlenirken, nadiren lomber bölgede de görülebilir. Hastalar, koronal balansı koruyabilmek amacıyla sol apeksli kompensatuar bir eğrilik geliştirebilirler.

AİS, omuz asimetrisi, göğüs kafesi asimetrisi ve deformitesi ile karakterize olabilir. Kozmetik bozuklukların yanı sıra, büyük deformiteler ağrıya ve akciğer kapasitesinde azalmaya yol açabilmektedir.

2.3.4.1. Etiyoloji:

İdiopatik skolyozun etiyopatogenezi üzerine yapılan araştırmalar günümüzde halen sürmektedir ve hastalık multifaktöriyel bir doğaya sahip olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, genetik faktörlerin önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda, idiopatik skolyoz teşhisi konulan bireylerin ailelerinde benzer hastalık öyküsünün görülme oranının %15 olduğu raporlanmıştır (38). Skolyozlu bireylerin akrabalık ilişkileri üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada, birinci derece akrabalarda skolyoz görülme oranı %11, ikinci derece akrabalarda ise %2,4 olarak belirlenmiştir (39). AİS'in kadın bireylerde daha sık ortaya çıkması, X

kromozomu ile ilişkilendirilmiş olup; otozomal 6, 9, 16 ve 17. kromozomların da bu hastalığın patogeneğinde rol oynayabileceği öne sürölmektedir (40).

Etiyopatogeneze dair incelenen bir diğerk mekanizma melatonin eksikliği olup, yapılan hayvan çalışmaları bu duruma işaret etmektedir. Glandula pinealesi cerrahi olarak çıkarılan tavuklarda skolyoz gelişimi gözlemlenmiştir. Aynı hayvanlara eksojen melatonin uygulandığında skolyoz insidansının %20'ye düştüğü rapor edilmiştir. Ayrıca, bazı klinik çalışmalarda melatonin eksikliğinin hastalık prognozunu olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir (8,41) .

Kalmodulin, kas kontraktilitesi üzerindeki etkisi nedeniyle skolyoz etiyojisi açısından incelenmiş ve skolyozun konveks tarafındaki paraspinal kaslarda kalmodulin düzeylerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, kalmodulinin etiyojide önemli bir rol oynayabileceğine işaret etmektedir. Retinoik asit üzerine yapılan embriyolojik araştırmalar, bu maddenin üretiminin tavuk ve fare modellerinde engellenmesinin somitlerin düzensiz gelişimine, segmentasyon bozukluklarına ve asimetric büyüme yol açtığını göstermiştir. Bu sonuçlar, retinoik asitin de idiopatik skolyozun etiyojisine katkıda bulunabileceğini düşöndürmektedir (42).

İdiopatik skolyozun etiyojisinde biyomekanik faktörler de önemli bir yer tutmaktadır. Hueter-Volkmann yasası, iskelet gelişim anomalilerinin mekanik temellerini açıklamaya çalışmaktadır. Bu yasaya göre, büyüme plağına uygulanan aşırı mekanik yüklenme kemik büyümesini inhibe ederken, azalmış mekanik stres büyüme hızını artırır (43).

Biyomekanik etkenler arasında değerkendirilen bir diğerk unsur ise anterior spinal büyüme hızlanmasıdır; bu süreç yerçekiminin etkisiyle birleşerek mevcut skolyoz eğriliğinin progresyonunu hızlandırabilir. Ayrıca, intervertebral disklerdeki dejeneratif değışiklikler veya mekanik rijidite, skolyoz eğrisinin ilerlemesine katkıda bulunabilir (44).

Skolyozun patolojik ilerleyişinde, çeşitli etiyojik faktörler ve mekanizmalar devreye girmekte olup, vertebral kemik dansitesinin azalması bu süreçte kritik bir rol oynamaktadır. Kemik kütleindeki azalma, vitamin D eksikliği, kalsiyum yetersizliği,

osteoporoz, melatonin sinyalizasyon bozuklukları ve henüz bilinmeyen pek çok faktör tarafından tetiklenebilir. Bu faktörler skolyoz deformitesinin progresyonuna neden olmaktadır.

2.3.4.2. Klinik Değerlendirme:

Öncelikle hastadan iyi bir öykü alınmalıdır. AIS’li bireylerde genellikle kozmetik şikayetler başvuru nedenidir. Hastaların %23 ‘ünde başvuru sırasında ağrı kaydedilirken, takiplerde %9 hasta daha ağrısı olan gruba eklenmektedir(45).

Fizik muayenede öncelikle cafe-au-lait lekeleri, sendromik yüz görünümü gibi bulguların varlığı araştırılmalıdır. Bunun yanında cilt üzerinde hemanjiomlar, lumbosakral bölgede kıllanma artışı gibi cilt bulguları dikkatle muayene edilmeli ve kaydedilmelidir. Hastanın nörolojik muayenesi de yapılmalıdır. AIS’te nörolojik anomaliler sıklıkla görülmez. Atipik bulguların varlığı bizi bir ekartasyon tanısı olan AIS’ten uzaklaştırır.

Radyolojik incelemede öncelikle düz grafiler tercih edilmeli ve bu grafiler mümkünse ayakta çekilmelidir. AP ve lateral grafiler alınmalıdır. AP grafilerde skolyozun tipi, omuz dengesi, eğrilik şekli, eğriliğin derecesi, iskelet matüritesi saptanabilir. Lateral grafilerde ise hastanın sagittal profili, spondilolizis ve spondilolistezis varlığı saptanabilir(2,46). Nörolojik anomali ya da sol torakal eğrilik varlığında hastanın nöral yapılarının da radyolojik olarak manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile incelenmesi gerekir(2). Takiplerde hızlı progresyon gösteren skolyoz varlığı da MRG için endikasyon teşkil eder(47). Bilgisayarlı tomografi (BT) ise tanıdan ziyade ameliyat öncesi planlamada bize yardımcı olur. Omurga rotasyonu, lamina defektlerinin varlığı, pedikül vidalarının konumlarını belirleme gibi amaçlarla BT kullanılır(48).

2.3.4.3. Tedavi Seçenekleri:

AİS tedavi stratejileri, eğriliğin şiddeti, hastanın yaşı ve kalan büyüme potansiyeline bağlı olarak konservatif veya cerrahi yaklaşımlar içerebilir. Konservatif tedavi yöntemleri arasında düzenli aralıklarla takip, skolyoza özgü fizyoterapi egzersizleri, korse kullanımı, günlük yaşam aktiviteleri eğitimi bulunur. Bu yöntemler, estetik görünümü iyileştirmek, psikososyal durumu desteklemek, solunum fonksiyonlarını optimize etmek, yaşam kalitesini artırmak ve sırt ağrısı, eğrilik progresyonu ile ileri tedavi gereksinimlerini önlemeyi amaçlamaktadır(35).

AİS'te cerrahi müdahale endikasyonu konusunda net bir fikir birliği bulunmamaktadır. Cerrahi, kapsamlı bir değerlendirme ve titiz bir yaklaşım gerektirir, zira bu müdahalenin komplikasyon oranı oldukça yüksektir (ömür boyu %50'yi aşan risk)(49). Cerrahi tedavi genellikle eğriliğin ciddi olduğu, pulmoner fonksiyonların etkilendiği veya eğriliğin ilerlemesinin komplikasyonları artıracağı öngörüldüğü ve cerrahi tekniğin giderek zorlaştığı vakalarda endikedir(50). Cerrahi tedavi seçenekleri arasında enstrümantasyon-füzyon veya füzyonsuz teknikler bulunmaktadır(50,51).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma için M.S. Baltalimanı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi Eğitim Planlama Kurulu'nun 18.12.2023 tarihinde yapılan 16 numaralı toplantısının 110 numaralı kararı ile onay alınmıştır.

M.S. Baltalimanı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ne 2003 ve 2023 yılları arasında başvuru yapmış olan ve AİS tanısı alan hastalar taranmıştır. Bu hastalardan ameliyat öncesi dönemde en az iki adet çeşitli sebeplerle çekilmiş spinal BT tetkiki ve buna ek olarak iki adet ayakta skolyoz grafisi olan hastalar arasından belirtilen aynı tip tetkiklerinin arasında en az 6 ay olan hastalar seçilmiştir. Seçilen 36 adet hastanın verileri retrospektif olarak incelenmiş ve ortaya retrospektif bir çalışma çıkartılmıştır.

Hastaların çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- 1) AİS tanısı alması
- 2) Ameliyat öncesi en az 2 adet spinal BT tetkiki ve en az 2 adet ayakta skolyoz grafisi bulunması (aynı tür görüntülemeler arasında en az 6 ay olmalıdır)
- 3) Eşlik eden spinal anomali olmaması
- 4) BT kesitlerinin halka apofizleri incelemeye uygun olması

olarak belirlenmiştir.

Dışlama kriterleri:

- 1) AİS dışında skolyoz tipine sahip hastalar
- 2) Görüntülemeler arasında 6 aydan kısa süre bulunması
- 3) Eşlik eden vertebral anomalilerin bulunması

Şeklinde belirlenmiştir.

Hastaların doğum tarihi, cinsiyeti, ilk ve ikinci BT ve skolyoz grafilerinin çekildiği tarihler not edildi. Farklı tarihlerde çekilmiş olan ayakta skolyoz grafilerinden 32 hastanın yapısal torakal, 3 hastanın torakolomber, 1 hastanın ise lomber (4 hastanın yapısal torakal eğriliği olmaması nedeniyle) eğriliklerinin Cobb açıları ölçüldü. Risser ve humerus proksimal fiz matürasyon sınıflandırması yapıldı ve kaydedildi. Yine farklı tarihlerde çekilen 2 farklı BT tetkikinden her hastanın T1-L5 vertebraları arasındaki tüm vertebraların alt ve üstünde yer alan halka apofizlerin derecelendirilmesi yapıldı. Halka apofizlerin ölçümü yapılırken her bir vertebra için midsaggital ve midkoronal görüntüler alındı ve her vertebranın alt ve üstünde yer alan halka apofizler ön-arka-sağ-sol olarak görüntülenip sınıflandırıldı (Şekil 7). Her bir halka apofizin dört noktasından alınan görüntüler fazlarına göre sınıflandırıldı. Halkanın görüntülenemediği noktalar faz 0, halkanın görüntülediği fakat füzyonun olmadığı noktalar faz 1, füzyonun mevcut olduğu fakat tamamlanmadığı noktalar faz 2 ve füzyonun tamamlandığı noktalar faz 3 olarak kaydedildi (Şekil 6). Tüm bu ölçümler bir araya getirilerek ortalama halka apofiz matürasyonu derecelendirildi. Bunun için daha önceden tanımlanan aşağıdaki derecelendirme sistemi kullanıldı (12);

Derece 0: ossifikasyon yok (4 noktada da faz 0)

Derece 1: ossifikasyon başlangıcı (1-3 noktada faz 1)

Derece 2: tamamlanmış ossifikasyon (4 noktada faz 1)

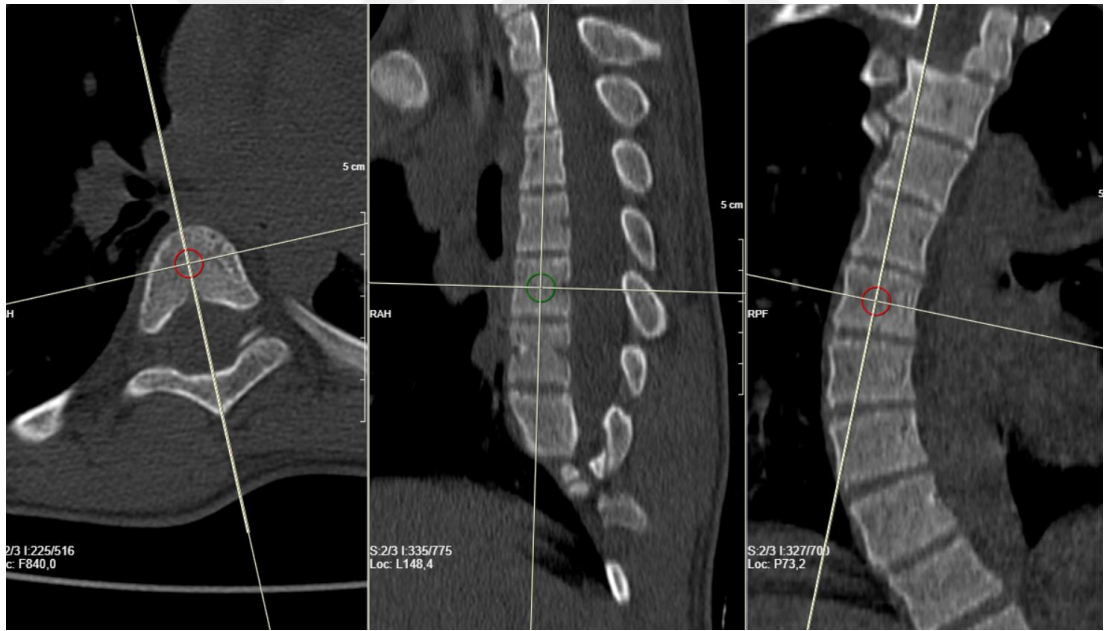
Derece 3: inkomplet füzyon (1-3 noktada faz 3)

Derece 4: komplet füzyon (4 noktada faz 3)



Şekil 6- BT kesitlerinde vertebral halka apofizlerin matürasyon fazları(12)

Ölçümler bir Ortopedi ve Travmatoloji asistanı ve bir Radyoloji uzmanı tarafından yapıldı ve gözlemciler arası uyumluluk analiz edildi.



Şekil 7- Vertebraların midsaggital ve midcoronal görüntüleri

Halka apofiz matürasyon derecesinin zaman içindeki değişimi ile aynı süreçte Cobb açısında meydana gelen değişimin korelasyonu incelendi. Bu inceleme için 32 hastanın yapısal torakal, 3 hastanın torakolomber, 1 hastanın ise lomber eğriliklerinin

apeks vertebraşı belirlendi ve bu vertebraşın alt ve üst halka apofizlerindeki değişim ile Cobb aşıındaki değişim ayrı ayrı karşılaştırıldı. Ayrıca her hastaşın yapısal eğriliğinin end vertebraları belirlendi ve end vertebralar da dahil olmak üzere eğriliğe dahil olan tüm vertebralara ait alt ve üst halka apofizlerin matürasyonundaki değişim de ayrı ayrı Cobb aşıı değişimi ile karşılaştırıldı. Bunun yanında yine Risser ve humerus proksimal fiz matürasyon derecesi ile Cobb aşıındaki değişim karşılaştırıldı. Ayrıca farklı vertebra seviyelerindeki halka apofiz matürasyonları da lokasyonuna ve yaşı göre karşılaştırıldı ve analiz edildi. Vertebraların alt ve üst halka apofizlerinin aynı zaman dilimindeki matürasyon dereceleri de birbirleriyle karşılaştırıldı.

4. BULGULAR

4.1. DEMOGRAFİK BULGULAR

Bu çalışmada toplamda 36 adet hastaşın verileri incelenmiştir. Örneklemin cinsiyet dağılımına baktığımızda; 28 kadın (%77,78), 8 erkek (%22,22) hasta bulunmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1- Cinsiyete göre örneklem

Cinsiyet	Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde
Erkek	8	22,222	22,22
Kadın	28	77,778	77,78
Eksik Gözlem	0		
n	36	100	

Hasta grubunun araştırmamıza konu olan ilk BT tarihindeki yaş dağılımını incelendiğinde median yaşın 13 (9-21) olduğu saptanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2- İlk BT tarihindeki yaş

	Yaş (yıl)
n	36
Eksik Gözlem	0
Ortanca	13
Ortalama	13,25
Std. Sapma	2,477
25. Yüzdelik Dilim	12
50. Yüzdelik Dilim	13
75. Yüzdelik Dilim	14,25
Min.	9
Max.	21

Örneklemede ilk ve ikinci BT tetkikleri arasında geçen süreler karşılaştırıldığında median değer 12,25 ay bulunmuştur (Tablo 3).

Tablo 3- İki BT arası geçen süre

	İki BT arası geçen süre (ay)
n	36
Eksik Gözlem	0
Ortanca	12,25
Ortalama	18,136
Std. Sapma	15,27
25. Yüzdelik Dilim	8,825
50. Yüzdelik Dilim	12,25
75. Yüzdelik Dilim	21,825

4.2. RADYOLOJİK BULGULAR

Araştırmaya dahil edilen AIS’li hastaların (n:36) araştırmaya dahil edilen eğrilikleri incelendiğinde %30,56’sında (%15,51-45,60) apeks konumunun T9 vertebra olduğu, %27,78’inde (%13,15-42,41) apeksin T8 vertebrada olduğu tespit edilmiştir. Diğer apeks konumları için tablo 4’e bakınız (Tablo 4).

Tablo 4- Apeks vertebra konumları

Apeks Vertebra Konumu	Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Geçerli Yüzdenin %95 Güven Aralığı (GA)
T9	11	30,556	30,556	15.51-45.60
T8	10	27,778	27,778	13.15-42.41
T10	3	8,333	8,333	0.00-17.36
T7	3	8,333	8,333	0.00-17.36
T11	3	8,333	8,333	0.00-17.36
L1	2	5,556	5,556	0.00-13.04
T5	1	2,778	2,778	0.00-8.15
T3	1	2,778	2,778	0.00-8.15
L2	1	2,778	2,778	0.00-8.15
T12	1	2,778	2,778	0.00-8.15
Eksik Gözlem	0			
n	36	100,00		

Araştırmaya dahil edilen AIS’li hastaların (n:36) araştırmaya dahil edilen eğriliklerinin alt ve üst end vertebralar da dahil edilmek suretiyle eğriliğin tamamını kapsayan seviyeleri incelendiğinde en sık %27,78 (%13,15-42,41) ile T6-T12 arası eğrilik görülmüştür. Diğer seviyeler tablo 5’te sunulmuştur (Tablo 5).

Tablo 5- Araştırmaya dahil edilen eğriliğin end vertebralar arası seviyesi

Eğrilik Seviyesi	Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Geçerli Yüzdenin %95 GA
T6-T12	10	27,778	27,778	13.15-42.41
T5-T11	6	16,667	16,667	4.49-28.84
T7-L1	2	5,556	5,556	0.00-13.04
T4-T10	2	5,556	5,556	0.00-13.04
T8-L2	2	5,556	5,556	0.00-13.04
T4-T12	2	5,556	5,556	0.00-13.04
T11-L3	2	5,556	5,556	0.00-13.04
T5-T10	1	2,778	2,778	0.00-8.15
T7-T11	1	2,778	2,778	0.00-8.15
T1-T9	1	2,778	2,778	0.00-8.15
T6-L2	1	2,778	2,778	0.00-8.15
T1-T5	1	2,778	2,778	0.00-8.15
T5-T9	1	2,778	2,778	0.00-8.15
T9-L1	1	2,778	2,778	0.00-8.15
T6-T10	1	2,778	2,778	0.00-8.15
T12-L4	1	2,778	2,778	0.00-8.15
T10-L2	1	2,778	2,778	0.00-8.15
Eksik Gözlem	0			
n	36	100	100	

Örneklemdaki hastaların ilk ölçümlerindeki Cobb açılarını incelediğimizde median torakal Cobb açısı 51,3°, median torakolomber Cobb açısı 57°, median lomber Cobb açısı 45,9° bulunmuştur (Tablo 6).

Tablo 6- İlk ölçümdeki Cobb açısı değerleri

	Torakal Cobb Açısı	Torakolomber Cobb Açısı	Lomber Cobb Açısı
n	32	5	19
Eksik Gözlem	4	31	17
Ortanca	51,3	57	45,9
Ortalama	54,638	57,44	45,689
Std Sapma	15,192	12,782	14,668
25. Yüzdelik Dilim	43,05	54,5	34,55
50. Yüzdelik Dilim	51,3	57	45,9
75. Yüzdelik Dilim	62,775	66,3	56,65

Çalışmamızdaki hastaların ilk ölçümlerinde %41,67'sinin (%25,56-57,77) Risser Evresi 4'tür. Bunu %25 (%10,85-39,15) ile Evre 0 takip etmektedir. Dağılımın median değeri 3'tür (Tablo 7).

Tablo 7- Hastaların ilk ölçümlerindeki Risser Evresi dağılımı

Risser Evresi	Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Geçerli Yüzdenin %95 GA
0	9	25	25	10,85-39,15
1	2	5,556	5,556	0,00-13,04
2	4	11,111	11,111	0,84-21,38
3	6	16,667	16,667	4,49-28,84
4	15	41,667	41,667	25,56-57,77
Eksik Gözlem	0			
n	36	100		

Çalışmamızdaki hastaların ilk ölçümlerinde %38,89'unun (%22,96-54,81) Humerus proksimal fiz Evresi 4'tür. Bunu %25 (10,85-39,15) ile Evre 2 takip etmektedir. Dağılımın median değeri 3'tür (Tablo 8).

Tablo 8- Hastaların ilk ölçümlerindeki Humerus Proksimal Fiz Evresi dağılımı

Humerus Proksimal Fiz Evresi	Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Geçerli Yüzdenin %95 GA
1	6	16,667	16,667	4,49-28,84
2	9	25	25	10,85-39,15
3	6	16,667	16,667	4,49-28,84
4	14	38,889	38,889	22,96-54,81
5	1	2,778	2,778	0,00-8,15
Eksik Gözlem	0			
n	36	100,00		

Birinci torakal Cobb açısı ölçümü ile ikincisi arasında ortalama -7,57° lik (-10,52 - -3,58) bir fark vardır. Başka bir deyişle birinci ölçümden ikinci ölçüme fark istatistiki olarak anlamlı derecede artmıştır ($p<0.001$). Etki büyüklüğü küçüktür (0,16). Birinci torakolomber Cobb açısı ölçümü ile ikincisi arasında ortalama -4,35° lik (-10,30 – -2,90) bir fark vardır. Fark istatistiki olarak anlamlı derecede artmıştır ($p<0.001$). Etki büyüklüğü küçüktür (0,20). Birinci lomber Cobb açısı ölçümü ile ikincisi arasında ortalama -3,93° lik (-7,41 – -1,19) bir fark vardır. Fark istatistiki olarak anlamlıdır ($p=0.018$). Etki, orta büyüklüktedir (0,37) (Tablo 9). Bu analiz için Cohen's D analizi ile hesaplanan etki değeri eşikleri; 0,1=küçük, 0,3=orta, 0,5=büyük şeklindedir.

Tablo 9- İki ölçüm arasında Cobb açılarındaki değişim

2 Ölçüm arasındaki Cobb Açısı Değişimi	n	Farkın Ortalaması	%95 GA Alt Sınır	%95 GA Üst Sınır	P Değeri	Etki Büyüklüğü
Dorsal	32	-7,56666°	-10,5172°	-3,5846°	< 0,001	0,15625
Torakolomber	5	-4,35°	-10,3°	-2,9°	< 0,001	0,2
Lomber	19	-3,92777°	-7,40526°	-1,1944°	0,018	0,3684211

Bootsrapped Modified One Step M-estimator (mom) t-testi

AİS'li hastaların Risser evreleri açısından ilk ve ikinci ölçümlerinde istatistiki olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,001$). Hastaların ilk değerlendirmelerinde Risser Evresi median değeri 3 (0,75 – 4,00), ikinci değerlendirmede 4'tür (2,75 – 4,00). Bunun yanında hastaların humerus proksimal fiz evreleri açısından da ilk ve ikinci değerlendirmelerinde anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,001$). Hastaların ilk değerlendirmelerinde humerus proksimal fiz evresi median değeri 3 (2,00 – 4,00), ikinci değerlendirmede 4'tür (3,00 – 5,00) (Tablo 10). Her iki analiz içinde etki büyüklüğü yüksek (1,000) bulunmuştur. Bu analiz için Cohen's D analizi ile hesaplanan etki değeri eşikleri; 0,1=küçük, 0,3=orta, 0,5=büyük şeklindedir.

Tablo 10- Hastaların Risser ve Humerus Proksimal Fiz Evreleri'nin ilk ve ikinci ölçümler arasındaki değişimi

	İlk Risser Evresi	2. Risser Evresi	İlk Humerus Proksimal Fiz Evresi	2. Humerus Proksimal Fiz Evresi
n	36	36	36	36
Eksik Gözlem	0	0	0	0
Tepe Değeri	4	4	4	5
Ortanca	3	4	3	4
25. Yüzdelik Dilim	0,75	2,75	2	3
50. Yüzdelik Dilim	3	4	3	4
75. Yüzdelik Dilim	4	4	4	5

Wilcoxon signed-rank test

Üst ve alt halka apofizlerinin matürasyon evreleri arasındaki farkı ortaya koymak için 36 hastanın 17’şer adet (T1-L5 arası) vertebraına ait 612 adet üst ve 612 adet alt halka apofizin (n=612) ilk görüntülemelerdeki karşılaştırmasını içeren bilgiler tablo 11’de sunulmuştur. Burada sarı renk boyalı köşegen dışında yer alan sayı ve yüzdeler alt ve üst halka apofizler arasında fark olan vertebraları göstermektedir. Bu analizde üst ve alt halka apofizler arasında olgunlaşma evreleri açısından anlamlı fark vardır ($p<0,001$). Özellikle alt halka apofiz matürasyon evreleri üste göre daha yüksektir. Etki büyüklüğü orta düzeydedir (0,47) (Tablo 11). Bu analiz için Cohen’s D analizi ile hesaplanan etki değeri eşikleri; 0,1=küçük, 0,3=orta, 0,5=büyük şeklindedir.

Tablo 11- Üst ve alt halka apofizlerin matürasyon karşılaştırması

Üst Evre		Alt Evre					Toplam
		0	1	2	3	4	
0	Sıklık	19	48	0	0	0	67
	Yatay%	28,36%	71,64%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1	Sıklık	2	65	69	2	0	138
	Yatay%	1,45%	47,10%	50,00%	1,45%	0,00%	100,00%
2	Sıklık	0	10	190	19	0	219
	Yatay%	0,00%	4,57%	86,76%	8,68%	0,00%	100,00%
3	Sıklık	0	0	27	118	3	148
	Yatay%	0,00%	0,00%	18,24%	79,73%	2,03%	100,00%
4	Sıklık	0	0	0	13	27	40
	Yatay%	0,00%	0,00%	0,00%	32,50%	67,50%	100,00%
Toplam	Sıklık	21	123	286	152	30	612
	Yatay%	3,43%	20,10%	46,73%	24,84%	4,90%	100,00%

Wilcoxon signed-rank test

Hastaların T1-L5 arası tüm vertebralarının alt ve üst halka apofizlerinin (612 adet üst ve 612 adet alt halka apofiz için) matürasyon evrelerini ilk görüntülemelerinde vertebralar temelinde karşılaştırdığımızda T1, T2, T9, T10, T11 vertebralarda alt ve üst için yapılan ölçümlerdeki güven aralıkları birbirini kapsamadığı için matürasyon evresi açısından fark olduğunu söyleyebiliriz (Tablo 12).

Tablo 12- Üst ve alt halka apofizlerin matürasyon evrelerinin vertebralar bazında karşılaştırılması

	Üst Halka Apofiz			Alt Halka Apofiz		
	Tepe Değeri	Median Değer	25-75 Dilim	Tepe Değeri	Median Değer	25-75 Dilim
T1	2	2	1 - 2	2	2	2 - 2
T2	2	2	1,75 - 2	2	2	2 - 2
T3	2	2	1 - 2,25	2	2	1,75 - 2
T4	2	2	1 - 2,25	2	2	2 - 2
T5	2	2	1 - 3	2	2	2 - 2
T6	2	2	1 - 2	2	2	1 - 2,25
T7	2	2	1 - 2	2	2	1,75 - 2
T8	2	2	1 - 2	2	2	1 - 2
T9	2	2	1 - 2	2	2	2 - 2
T10	2	2	1 - 2	2	2	2 - 2
T11	2	2	1 - 2	2	2	2 - 2,25
T12	1	2	1 - 3	3	3	2 - 3
L1	2	2	1 - 3	2	2	1 - 3
L2	3	2	1 - 3	3	3	2 - 3
L3	3	3	1,75 - 3	3	3	2 - 3
L4	3	2	1 - 3	3	3	2 - 3
L5	3	3	1,75 - 3	3	3	2 - 3

Hastaların T1-L5 arası tüm vertebralarının alt ve üst halka apofizlerinin matürasyon evrelerini ilk görüntülemelerinde yaş temelinde kategorize ederek karşılaştırdığımızda 13-17 yaş arası grupta güven aralıklarının alt ve üst için birbirine yakın olduğu, diğer yaş gruplarında ise güven aralıklarının birbirini kapsamaması nedeniyle arada fark olduğunu söyleyebiliriz (Tablo 13).

Tablo 13- Üst ve alt halka apofizlerin matürasyon evrelerinin yaş bazında karşılaştırılması

Yaş	İncelenen Vertebra Sayısı	Kişi Sayısı	Üst Halka Apofiz			Alt Halka Apofiz		
			Tepe Değeri	Median Değer	25-75 Dilim	Tepe Değeri	Median Değer	25-75 Dilim
9	34	2	0	0	0 - 0	1	1	0 - 1
10	51	3	1	1	0 - 1	1	1	1 - 1
11	34	2	1	1	0 - 1	1	1	1 - 1
12	136	8	2	2	1 - 2	2	2	2 - 2
13	85	5	2	2	2 - 2	2	2	2 - 2
14	119	7	2	2	2 - 3	2	2	2 - 3
15	51	3	3	3	2 - 3	2	2	2 - 3
16	51	3	3	3	2,5 - 3	3	3	2 - 3
17	34	2	3	3	2,25 - 3	3	3	2 - 3
21	17	1	4	4	4 - 4	4	4	3 - 4

Hastaların ilk ölçümlerinde, ölçüm yapılan eğriliklerinin apeks vertebraşının üst ve alt halka apofizlerinin matürasyon karşılaştırması yapılmıştır. Üst halka apofizi tepe noktası 2, median değeri 2 (1-2) olarak saptanmıştır. Alt halka apofizinde de tepe değeri 2, median değeri 2 (1-2) olarak tespit edilmiştir. Fark anlamlı değildir ($p=0,091$), apeks vertebrada üst ile alt halka apofiz matürasyon evreleri açısından fark saptanamamıştır (Tablo 14). Hastaların ölçüm yapılan eğriliklerinin tamamının (end vertebralar da dahil olmak üzere arasındaki tüm vertebralar) üst ve alt halka apofizleri arasındaki matürasyon farkı araştırıldığında üst halka apofiz tepe değeri 2, median değeri 2 (1-2) olarak saptanmıştır. Alt halka apofizlerin tepe değeri 2, median değeri 2 (1 – 2) olarak tespit edilmiştir. Fark anlamlıdır ($p<0,001$), eğriliğe dahil olan vertebraların tamamı alındığında üst ile alt halka apofiz olgunlaşma evreleri farklıdır. Altın olgunlaşma evresi üste göre daha yüksektir. Etki büyüklüğü orta düzeyde bulunmuştur (-0,444) (Tablo 15).

Tablo 14- Apeks vertebra üst ve alt halka apofiz matürasyon değerleri

	Üst	Alt
n	36	36
Eksik Gözlem	0	0
Tepe Değeri	2	2
Ortanca	2	2
25. Yüzdelik Dilim	1	1
50. Yüzdelik Dilim	2	2
75. Yüzdelik Dilim	2	2

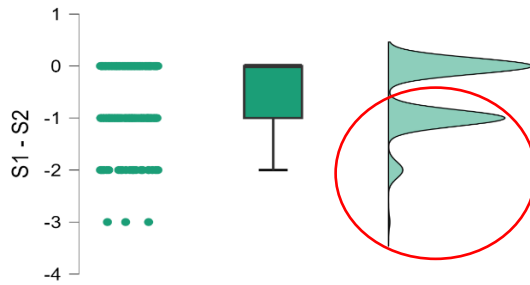
Wilcoxon signed-rank test

Tablo 15- Eğriliğin tamamını içeren vertebralarda üst ve alt halka apofiz matürasyon değerleri

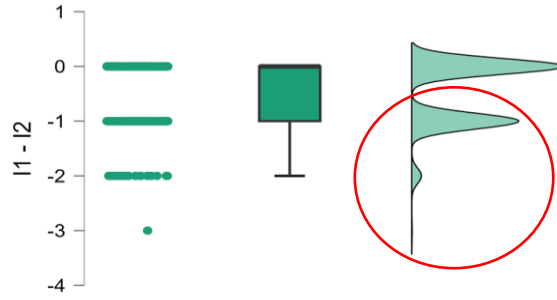
	Üst	Alt
n	241	241
Tepe Değeri	2,00	2,00
Ortanca	2,00	2,00
25. Yüzdelik Dilim	1,00	1,00
50. Yüzdelik Dilim	2,00	2,00
75. Yüzdelik Dilim	2,00	2,00

Wilcoxon signed-rank test

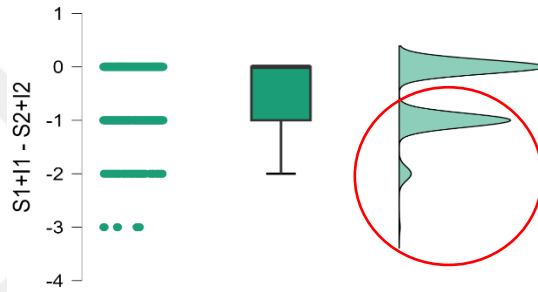
İlk ve ikinci radyolojik ölçümler arasında halka apofiz matürasyonlarında görülen değişim de tarafımızca araştırılmıştır. Buna göre tüm vertebralara ait üst halka apofizlerin zaman içindeki değişimi incelendiğinde, üst halka apofizlerin matürasyon evresi tepe noktası 2 olup median değeri 2'dir (1-3). Buna karşın ikinci gözlem zamanında tepe değeri 3'e, median değeri de 3'e (2-3) çıkmıştır. Bu artış istatistiksel olarak anlamlıdır. Diğer bir deyişle, birinci gözlem zamanı ile ikincisi arasında üst halka apofizlerin matürasyonu açısından anlamlı fark (artış) mevcuttur ($p<0,001$), etki büyüklüğü de oldukça yüksektir (Rank-Biserial Corr.= -1.000) (Şekil 8). Aynı yöntemle alt halka apofizleri incelediğimizde alt halka apofizlerin matürasyon evresi tepe noktası 2 olup median değeri 2'dir (2-3). Buna karşın ikinci gözlem zamanında tepe değeri 3'e, median değeri de 3'e (2-3) çıkmıştır. Birinci gözlem zamanı ile ikincisi arasında alt halka apofizlerin matürasyonu açısından anlamlı artış vardır ($p<0,001$), etki büyüklüğü de oldukça yüksektir (Rank-Biserial Corr = -1,000) (Şekil 9). Üst ve alt tüm halka apofizler birlikte incelendiğinde halka apofizlerin matürasyon evresi tepe noktası 2 olup median değeri 2'dir (1-3). Buna karşın ikinci gözlem zamanında tepe değeri 3'e, median değeri de 3'e (2-3) çıkmıştır. Birinci gözlem zamanı ile ikincisi arasında tüm halka apofizlerin olgunlaşması açısından anlamlı artış vardır ($p<0,001$), etki büyüklüğü de oldukça yüksektir (Rank-Biserial Corr = -1,000) (Şekil 10).



Şekil 8- Birinci ve ikinci gözlem arasında üst halka apofizlerin matürasyon değişimi (etki büyüklüğünün negatif çıkması ilk gözlemde ikinci gözlemde artış olduğu anlamındadır) (Wilcoxon signed-rank test)



Şekil 9- Birinci ve ikinci gözlem arasında alt halka apofizlerin matürasyon değişimi (etki büyüklüğünün negatif çıkması ilk gözlemde ikinci gözleme artış olduğu anlamındadır) (Wilcoxon signed-rank test)



Şekil 10- Birinci ve ikinci gözlem arasında tüm halka apofizlerin matürasyon değişimi (etki büyüklüğünün negatif çıkması ilk gözlemde ikinci gözleme artış olduğu anlamındadır) (Wilcoxon signed-rank test)

Halka apofiz matürasyonunun iki gözlem arasında zamansal olarak geçirdiği değişim apeks vertebralarda üst ve alt halka apofizler ayrı ayrı değerlendirilmek üzere araştırılmıştır. Apeks vertebranın üst halka apofiz matürasyon evresi açısından birinci gözlem ile ikincisi gözlem arasında istatistiki olarak anlamlı fark bulunmuştur. İlk gözlem zamanında apeks vertebra üstünün matürasyon evresi tepe değeri 2, median değeri 2 (1-2) iken ikinci gözlemde tepe değeri 3'e çıkmış, median değer 2 (1-3) olarak tespit edilmiştir. Buna göre birinci gözlemde ikinci gözleme apeks vertebra üst halka apofizi matürasyon evresi anlamlı ölçüde artmıştır ($p < 0.001$). Etki büyüklüğü de oldukça yüksektir (Rank-Biserial Corr = -1,000). Apeks vertebra alt halka apofizde ise matürasyon evresi açısından birinci gözlem ile ikincisi gözlem arasında istatistiki olarak anlamlı fark bulunmuştur. İlk gözlem zamanında apeks vertebra altının matürasyon evresi tepe değeri 2, median değeri 2 (1-2) iken ikinci gözlemde tepe

değeri 2 saptanmış, median değer 2 (2-3) olarak tespit edilmiştir. Buna göre birinci gözlemden ikinci gözleme apeks vertebra alt halka apofizi matürasyon evresi anlamlı ölçüde artmıştır ($p<0.001$). Etki büyüklüğü de oldukça yüksektir (Rank-Biserial Corr = -1,000) (Tablo 16).

Tablo 16- Apeks vertebra üst ve alt halka apofizlerinin iki ölçüm arasındaki matürasyon evreleri değişimi

	Apeks Üst İlk Ölçüm	Apeks Üst 2. Ölçüm	Apeks Alt İlk Ölçüm	Apeks Alt 2. Ölçüm
n	36	36	36	36
Eksik gözlem	0	0	0	0
Tepe Değeri	2,00	3,00	2,00	2,00
Ortanca	2,00	2,00	2,00	2,00
25. Yüzdelik Dilim	1,00	1,00	1,00	2,00
50. Yüzdelik Dilim	2,00	2,00	2,00	2,00
75. Yüzdelik Dilim	2,00	3,00	2,00	3,00

Wilcoxon signed-rank test

Aynı yöntemle hastaların ölçüm yapılan eğriliklerinin tamamının (end vertebralar da dahil olmak üzere arasındaki tüm vertebralar) üst ve alt halka apofizlerinin ayrı ayrı olmak üzere, iki ölçüm arasında zamansal olarak geçirdiği değişim araştırılmıştır. Ölçüm yapılan eğriliğin tamamındaki üst halka apofizlerin matürasyon evresi açısından birinci gözlem ile ikincisi gözlem arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,001$). İlk gözlemde ölçüm yapılan eğriliğin tamamındaki üst halka apofiz olgunlaşma evresi tepe değeri 2, median değeri 2 (1-2), ikinci gözlemde tepe değeri 3'e ve median değeri de 3'e (2-3) çıkmıştır. Etki büyüklüğü de oldukça yüksektir (Rank-Biserial Corr = -1,000). Ölçüm yapılan eğriliğin tamamındaki alt halka apofizlerin matürasyon evresi açısından birinci gözlem ile ikincisi gözlem arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,001$). İlk gözlemde ölçüm yapılan eğriliğin tamamındaki alt halka apofiz olgunlaşma evresi tepe değeri 2, median değeri 2 (1-2), ikinci gözlemde tepe değeri 3 ve median değeri de 2 (2-3) saptanmıştır. Etki büyüklüğü de yüksektir (Rank-Biserial Corr = -1,000) (Tablo 17).

Tablo 17- Ölçüm yapılan eğrilikteki tüm vertebraların üst ve alt halka apofizlerinin iki ölçüm arasındaki matürasyon evreleri değişimi

	Eğrilik Üst İlk Ölçüm	Eğrilik Üst 2. Ölçüm	Eğrilik Alt İlk Ölçüm	Eğrilik Alt 2. Ölçüm
n	241	241	241	241
Tepe Değeri	2,00	3,00	2,00	3,00
Ortanca	2,00	3,00	2,00	2,00
25. Yüzdelik Dilim	1,00	2,00	1,00	2,00
50. Yüzdelik Dilim	2,00	3,00	2,00	2,00
75. Yüzdelik Dilim	2,00	3,00	2,00	3,00

Wilcoxon signed-rank test

Tezimizin ana konusu olan halka apofizlerin matürasyon evresindeki zamana bağlı değişim ile Cobb açısı arasındaki ilişki tarafımızca araştırılmıştır. Burada çözümleme yeniden hesaplanmış şu veriler üzerinden yapılmıştır: 1. zaman diliminde ölçülmüş Cobb açısı ile 2. zaman diliminde ölçülen Cobb açısının yüzde olarak farkı alınmıştır. Diğer bir anlatımla, ikinci ölçüm ile birincisi arasında yüzde olarak ne kadar fark olduğu her bir hasta için hesaplanmıştır. Mutlak fark yerine yüzde fark alınmasının nedeni, başlangıç Cobb ölçümü ve yaş etkisinin standardize edilmesidir. Yukarıda da değinildiği üzere açı değişimini yüzde olarak ifade etmek, başlangıç Cobb açısı ve yaşı etkisini dengeleyecek ve en önemlisi Cobb açısındaki değişim hızını belirlemiş olacaktır. Böylece halka apofiz matürasyonunun daha ileri olduğu hastalarda Cobb açısındaki değişimin daha az olacağı hipotezi doğru bir ölçütle analiz edilmiş olacaktır. Cobb açısındaki değişim ile korelasyonunu değerlendirdiğimiz tüm parametrelerde Cobb açısı değişimi hesaplaması bu yöntemle yapılmıştır.

Cobb açısı ile körele edeceğimiz halka apofiz evrelemeleri de kategorik hale getirilmiştir. Örneğin; hastanın birinci gözlemdeki evresi 1, ikinci gözlemdeki evresi 2 ise "1-2" şeklinde tek bir kategorik veri olarak gösterilmiştir. Diğer ikili gözlemler de bu şekilde tek bir kategorik veri haline getirilmiştir ve sonuçta 11 kategori oluşmuştur. Bu şekilde her bir kategoriye düşen gözlem sayısı bazı kategorilerde çok az olmuştur. Bundan dolayı bazı kategoriler birleştirilmek suretiyle istatistik incelemeye imkân veren yeni kategoriler oluşturulmuş ve gözlem sayısı düşüklüğü böylece aşılmıştır. Kategorilerin birleştirilmesiyle oluşan ve analizlerimize temel oluşturan kategori grupları şu şekildedir;

- 0-0; 0-1; 1-1 kategorileri, çok düşük evrede, diğer bir deyişle, henüz ossifikasyonun tamamlanmadığı hasta grubudur.
- 1-2; 2-3 kategorileri, ilk kategoriye göre daha ileri matürasyon düzeyinde olan, birinci gözlem ve ikinci gözlem arasında bir evre farkı olan halka apofizleri içeren hasta grubudur.
- 1-3; 2-4 kategorileri, birinci gözlem ile ikinci gözlem arasında 2 evre farkı olan halka apofizleri bir araya getirmektedir.
- 2-2 kategorisi, birinci ve ikinci gözlem arasında evre farkı olmayan grubu oluşturmuştur.
- Son kategori olan 3-3; 3-4; 4-4 ile, olgunlaşmayı neredeyse tamamlamış, tamamında füzyon (tam ya da parsiyel) gözlenmiş hastalardır.

Bu bilgiler ışığında apeks vertebra üst halka apofizlerinin matürasyon evrelerindeki değişimin Cobb açısı değişimi ile korelasyonunu incelediğimizde birinci ve ikinci gözlem arasında, apeks vertebra üst halka apofizi matürasyon evreleri, Cobb açısı yüzde değişimi açısından incelendiğinde anlamlı fark tespit edilmiştir ($p=0,022$). İkili karşılaştırmalar sonucunda henüz ossifikasyonun tamamlanmadığı grup (0-0; 0-1; 1-1) ile tüm hastalarda füzyonun gözlemlendiği grup (3-3; 3-4; 4-4) arasında istatistiki olarak anlamlı ölçüde farklı Cobb açısı yüzde değişimi tespit edilmiştir. 0-0; 0-1; 1-1 grubu Cobb açısı ortalama yüzde değişimi %28,5, std. hatası %11,9'dur. 3-3; 3-4; 4-4 grubu Cobb açısı ortalama yüzde değişimi %0,80; std. hata %1,95'tir. Etki büyüklüğü (Rank η^2 (eta2) = 0,24) önemli/büyük etkiye işaret etmektedir (0,01- <0,06 (küçük etki); 0,06- <0,14 (orta); $\geq 0,14$ (büyük)). Gerek bu sonuç gerek Şekil 11'deki aşağı yönlü grafik, apeks vertebra üst halka apofiz matürasyon evresi arttıkça Cobb açısı değişim hızında bir azalma olduğunu göstermektedir (Tablo 18-20).

Tablo 18- Apeks vertebra üst halka apofiz evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki ilişki

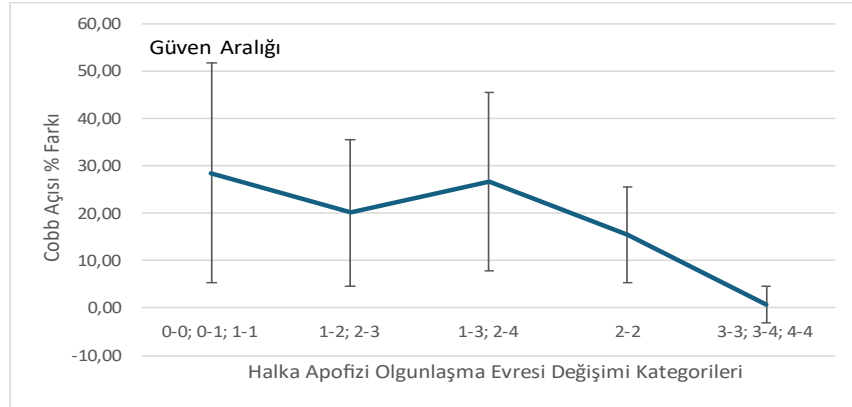
Gruplar	n	Ortalama Cobb Açısı Değişimi (%)	Std. Hata
0-0; 0-1; 1-1	10	28,509	11,868
1-2; 2-3	11	20,176	7,880
1-3; 2-4	3	26,76	9,614
2-2	6	15,512	5,116
3-3; 3-4; 4-4	6	0,798	1,951

Tablo 19- Apeks vertebra üst halka apofiz evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimine ilişkin Kruskal Wallis Test sonuçları

Faktör	İstatistik	Serbestlik Derecesi	p	Etki Büyüklüğü (Rank η^2)
Apeks vertebra yeni kategorik grup	11,452	4	0,022	0,24

Tablo 20- Dunn's Post Hoc Comparisons Testi neticesinde apeks vertebra üst halka apofiz için sonuçlar (İstatistiki olarak anlamlı karşılaştırma sarı kutucuk içinde verilmiştir)

Karşılaştırma	z	Wi	Wj	pholm
0-0; 0-1; 1-1 ile 1-2; 2-3	0,989	23,100	18,545	1,000
0-0; 0-1; 1-1 ile 1-3; 2-4	-0,418	23,100	26,000	1,000
0-0; 0-1; 1-1 ile 2-2	0,723	23,100	19,167	1,000
0-0; 0-1; 1-1 ile 3-3; 3-4; 4-4	3,082	23,100	6,333	0,021
1-2; 2-3 ile 1-3; 2-4	-1,086	18,545	26,000	1,000
1-2; 2-3 ile 2-2	-0,116	18,545	19,167	1,000
1-2; 2-3 ile 3-3; 3-4; 4-4	2,284	18,545	6,333	0,179
1-3; 2-4 ile 2-2	0,917	26,000	19,167	1,000
1-3; 2-4 ile 3-3; 3-4; 4-4	2,640	26,000	6,333	0,075
2-2 ile 3-3; 3-4; 4-4	2,110	19,167	6,333	0,244



Şekil 11- Apeks vertebra üst halka apofiz evrelerindeki kategorik değişim ile Cobb açısı % değişimi korelasyonuna ilişkin grafik

Aynı analizleri yukarıda tarif edilen metotlarla apeks vertebra alt halka apofiz için yaptığımızda birinci ve ikinci gözlem arasında, apeks vertebra alt halka apofizi matürasyon evreleri, Cobb açısı yüzde değişimi açısından incelendiğinde, istatistiki olarak anlamlı fark tespit edilememiştir ($p=0,093$). Bununla beraber, Şekil 12'deki aşağı yönlü grafik apeks vertebra alt halka apofizi matürasyon evresi arttıkça Cobb açısı değişim hızında bir azalma olduğuna işaret etmektedir. Rank $\eta^2= 0,128$ orta büyüklükte bir etkiye işaret etmektedir (Tablo 21-23).

Tablo 21- Apeks vertebra alt halka apofiz evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki ilişki

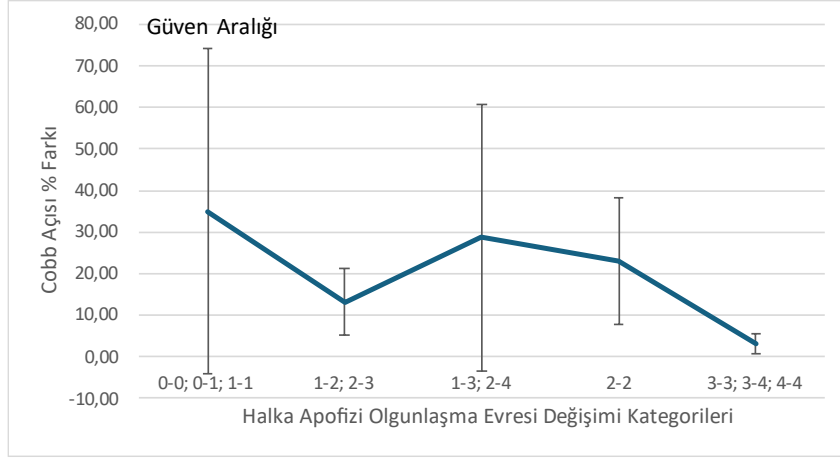
Gruplar	n	Ortalama Cobb Açısı Değişimi (%)	Std. Hata
0-0; 0-1; 1-1	6	34,998	19,931
1-2; 2-3	13	13,182	4,062
1-3; 2-4	2	28,625	16,335
2-2	10	23,139	7,79
3-3; 3-4; 4-4	5	3,036	1,194

Tablo 22- Apeks vertebra alt halka apofiz evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimine ilişkin Kruskal Wallis Test sonuçları

Faktör	İstatistik	Serbestlik Derecesi	p	Etki Büyüklüğü (Rank η^2)
Apeks vertebra yeni kategorik grup	7,955	4	0,093	0,128

Tablo 23- Dunn's Post Hoc Comparisons Testi neticesinde Apeks vertebra alt halka apofiz için sonuçlar (istatistiki olarak anlamlı sonuç bulunamamıştır)

Karşılaştırma	z	Wi	Wj	pholm
0-0; 0-1; 1-1 ile 1-2; 2-3	1,065	23,000	17,462	1,000
0-0; 0-1; 1-1 ile 1-3; 2-4	-0,349	23,000	26,000	1,000
0-0; 0-1; 1-1 ile 2-2	0,368	23,000	21,000	1,000
0-0; 0-1; 1-1 ile 3-3; 3-4; 4-4	2,383	23,000	7,800	0,172
1-2; 2-3 ile 1-3; 2-4	-1,067	17,462	26,000	1,000
1-2; 2-3 ile 2-2	-0,798	17,462	21,000	1,000
1-2; 2-3 ile 3-3; 3-4; 4-4	1,743	17,462	7,800	0,570
1-3; 2-4 ile 2-2	0,613	26,000	21,000	1,000
1-3; 2-4 ile 3-3; 3-4; 4-4	2,065	26,000	7,800	0,312
2-2 ile 3-3; 3-4; 4-4	2,287	21,000	7,800	0,200



Şekil 12- Apeks vertebra alt halka apofiz evrelerindeki kategorik değişim ile Cobb açısı % değişimi korelasyonuna ilişkin grafik

Ölçüm yapılan eğriliğin tamamındaki (üst ve alt end vertebralar dahil) vertebraların üst halka apofizlerinin matürasyon derecelerinin Cobb açısı ile olan korelasyonu da tarafımızca analiz edilmiştir. Bu analizde, birinci ve ikinci gözlem zamanında, skolyozdan etkilenen vertebraların üst halka apofizi matürasyon evresi gelişimi ile Cobb açısı yüzde değişimi ilişkisi incelenmiştir. Skolyozdan etkilenen vertebraların üst halka apofizi gelişiminde referans ölçüt olarak, bu vertebraların tüm üst halka apofizlerindeki en sıklıkla tespit edilen matürasyon evresi, diğer bir deyişle mod değeri dikkate alınmıştır. Bu ölçüt ile değerlendirildiğinde, skolyozdan etkilenen vertebraların üst halka apofizi matürasyon evrelerinin, Cobb açısı yüzde değişimi anlamlı derecede farklılaşmaktadır ($p=0,006$). Etki büyüklüğü de çok yüksektir (Rank $\eta^2=0,335$). İkili karşılaştırmalar sonucunda 0-0; 0-1; 1-1 grubu ile 3-3; 3-4; 4-4 grubu arasında anlamlı ölçüde farklı Cobb açısı yüzde değişimi tespit edilmiştir ($p= 0,025$). Ek olarak, 1-3; 2-4 grubu ile 3-3; 3-4; 4-4 grubu arasında da Cobb açısı yüzde değişimi açısından anlamlı fark tespit edilmiştir ($p= 0,006$). Bu sonuçlar ışığında ölçülen eğrilikteki tüm vertebraların halka apofizi matürasyon evresi arttıkça Cobb açısı değişim hızında bir azalma olduğu tespit edilmiştir (Tablo 24-26, Şekil 13).

Tablo 24- Eğriliğin tamamındaki vertebraların üst halka apofizlerinin matürasyon evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki ilişki

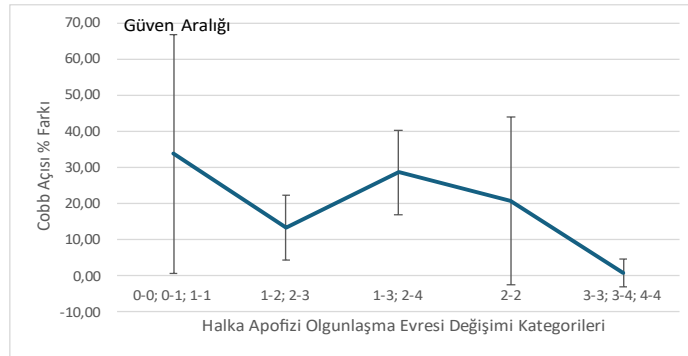
Gruplar	n	Ortalama Cobb Açısı Değişimi (%)	Std. Hata
0-0; 0-1; 1-1	7	33,856	16,883
1-2; 2-3	11	13,345	4,599
1-3; 2-4	6	28,623	5,967
2-2	6	20,808	11,807
3-3; 3-4; 4-4	6	0,798	1,951

Tablo 25- Eğriliğin tamamındaki vertebraların üst halka apofizlerinin matürasyon evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimine ilişkin Kruskal Wallis Test sonuçları

Faktör	İstatistik	Serbestlik Derecesi	p	Etki Büyüklüğü (Rank η^2)
Eğriliği oluşturan vertebraların üst halka apofizlerinin matürasyonunun mod değeri	14,387	4	0,006	0,335

Tablo 26- Dunn's Post Hoc Comparisons Testi neticesinde eğriliğin tamamındaki vertebraların üst halka apofizleri için sonuçlar (İstatistiki olarak anlamlı karşılaştırmalar sarı kutucuk içinde verilmiştir)

Karşılaştırma	z	Wi	Wj	pholm
0-0; 0-1; 1-1 ile 1-2; 2-3	1,418	23,857	16,636	0,782
0-0; 0-1; 1-1 ile 1-3; 2-4	-0,593	23,857	27,333	1,000
0-0; 0-1; 1-1 ile 2-2	0,829	23,857	19,000	1,000
0-0; 0-1; 1-1 ile 3-3; 3-4; 4-4	2,990	23,857	6,333	0,025
1-2; 2-3 ile 1-3; 2-4	-2,001	16,636	27,333	0,318
1-2; 2-3 ile 2-2	-0,442	16,636	19,000	1,000
1-2; 2-3 ile 3-3; 3-4; 4-4	1,927	16,636	6,333	0,324
1-3; 2-4 ile 2-2	1,370	27,333	19,000	0,782
1-3; 2-4 ile 3-3; 3-4; 4-4	3,452	27,333	6,333	0,006
2-2 ile 3-3; 3-4; 4-4	2,082	19,000	6,333	0,298



Şekil 13- Eğriliğin tamamındaki vertebraların üst halka apofiz evrelerindeki kategorik değişim ile Cobb açısı % değişimi korelasyonuna ilişkin grafik

Ölçüm yapılan eğriliğin tamamındaki (üst ve alt end vertebralar dahil) vertebraların alt halka apofizlerinin matürasyon derecelerinin Cobb açısı ile olan korelasyonu araştırıldığında, halka apofizi matürasyon evrelerinin, Cobb açısı yüzde değişimleri arasında anlamlı farklar tespit edilememiştir ($p=0,092$). Buna karşın etki büyüklüğü orta düzeydedir (Rank $\eta^2=0,129$) (Tablo 27-29, Şekil 14).

Tablo 27- Eğriliğin tamamındaki vertebraların alt halka apofizlerinin matürasyon evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki ilişki

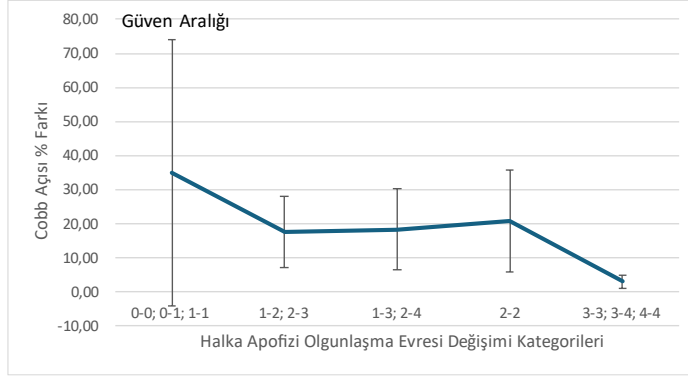
Gruplar	n	Ortalama Cobb Açısı Değişimi (%)	Std. Hata
0-0; 0-1; 1-1	6	34,998	19,931
1-2; 2-3	12	17,645	5,297
1-3; 2-4	2	18,390	6,100
2-2	10	20,789	7,671
3-3; 3-4; 4-4	6	3,128	0,980

Tablo 28- Eğriliğin tamamındaki vertebraların alt halka apofizlerinin matürasyon evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimine ilişkin Kruskal Wallis Test sonuçları

Faktör	İstatistik	Serbestlik Derecesi	p	Etki Büyüklüğü (Rank η^2)
Eğriliği oluşturan vertebraların üst halka apofizlerinin matürasyonunun mod değeri	7,995	4	0,092	0,129

Tablo 29- Dunn's Post Hoc Comparisons Testi neticesinde eğriliğin tamamındaki vertebraların alt halka apofizleri için sonuçlar (istatistiki olarak anlamlı sonuç bulunamamıştır)

Karşılaştırma	z	Wi	Wj	pholm
0-0; 0-1; 1-1 ile 1-2; 2-3	0,633	23,000	19,667	1,000
0-0; 0-1; 1-1 ile 1-3; 2-4	-0,058	23,000	23,500	1,000
0-0; 0-1; 1-1 ile 2-2	0,588	23,000	19,800	1,000
0-0; 0-1; 1-1 ile 3-3; 3-4; 4-4	2,493	23,000	7,833	0,127
1-2; 2-3 ile 1-3; 2-4	-0,476	19,667	23,500	1,000
1-2; 2-3 ile 2-2	-0,030	19,667	19,800	1,000
1-2; 2-3 ile 3-3; 3-4; 4-4	2,246	19,667	7,833	0,222
1-3; 2-4 ile 2-2	0,453	23,500	19,800	1,000
1-3; 2-4 ile 3-3; 3-4; 4-4	1,821	23,500	7,833	0,480
2-2 ile 3-3; 3-4; 4-4	2,200	19,800	7,833	0,223



Şekil 14- Eğriliğin tamamındaki vertebraların alt halka apofiz evrelerindeki kategorik değişim ile Cobb açısı % değişimi korelasyonuna ilişkin grafik

Hastaların Risser evreleri ile Cobb açısındaki zamansal değişim tarafımızca analiz edilirken yine daha önce halka apofizlerde yaptığımız gibi kategorik gruplar oluşturulmuştur. Bunun nedeni istatistiki incelemeye izin verecek gözlem grubunun oluşturulabilmesidir. Bu analizde Risser evresine göre kategorik gruplar şöyle oluşturulmuştur;

- 0-0; 0-1 kategorileri, ossifikasyonun gözlenmediği ya da yeni başladığı grup.
- 1-2; 2-3 kategorileri, matürasyonunun bir adım ötesinde olup birinci gözlem ve ikinci gözlem arasında bir evre farkı olan kategorileri gösteren grup.
- 0-3; 0-5; 2-4 kategorileri, birinci gözlem ile ikinci gözlem arasında 2 ve daha fazla evre farkı olan grup.
- 3-4; 4-4; 4-5 kategorileri, matürasyonu tamamlamaya yakın, ya da tamamlamış grup.

Bu bilgiler ışığında yaptığımız analizlerde Cobb açısı ölçümleri, Risser evreleri gelişimine göre farklılık göstermekle beraber (Kruskal Wallis testi $p= 0,045$), ikili karşılaştırmalarda istatistiki olarak anlamlı farklılıklara rastlanmamıştır. Tüm ikili karşılaştırmaların p değerleri 0,05'in üzerindedir (Tablo 32, pholm sütunu). Bu tür bir durumla karşılaşıldığında, ikili karşılaştırmaların p-değeri düzeltilmesiyle (Holm–Sidak düzeltilmesi --> pholm) yapılmasından dolayı daha doğru p-değerleri verdiği kabul edilmektedir. Bu karar ölçütü göz önünde bulundurulduğunda, farklı Risser evresi değişimleri için Cobb açılarının anlamlı şekilde farklılaştığı söylenememektedir. Buna karşın etki büyüklüğü yüksektir (Rank $\eta^2= 0,158$). Etki büyüklüğünün yüksek çıkması,

her ne kadar anlamlı farklar çıkmasa da önemli farklar olduğu ve daha büyük örneklemlemlerle anlamlı farklar elde edilebileceğine işaret etmektedir (Tablo 30, 31). Şekil.15'te Risser evresi arttıkça Cobb açısı yüzde değişiminde aşağı yönlü bir eğilim olduğunu göstermektedir.

Tablo 30- Risser evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki ilişki

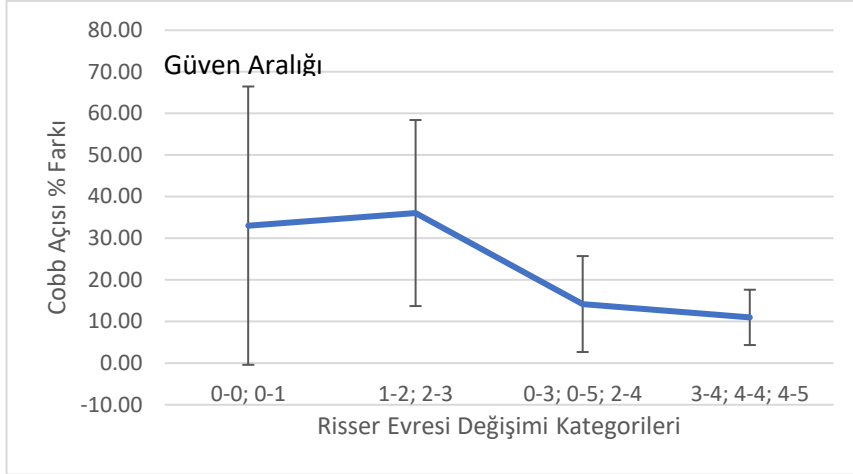
Gruplar	n	Ortalama Cobb Açısı Değişimi (%)	Std. Hata
0-0; 0-1	7	33,037	17,063
1-2; 2-3	5	36,072	11,404
0-3; 0-5; 2-4	3	14,203	5,881
3-4; 4-4; 4-5	21	10,997	3,393

Tablo 31- Risser evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki değişimine ilişkin Kruskal Wallis Test sonuçları

Faktör	İstatistik	Serbestlik Derecesi	p	Etki Büyüklüğü (Rank η^2)
Risser evresine göre yeni kategorik gruplar	8,042	3	0,045	0,158

Tablo 32- Dunn's Post Hoc Comparisons Testi neticesinde Risser evreleri için sonuçlar (istatistiki olarak anlamlı sonuç bulunamamıştır)

Karşılaştırma	z	Wi	Wj	pholm
0-0; 0-1 ile 1-2; 2-3	-0,755	23,143	27,800	1,000
0-0; 0-1 ile 0-3; 0-5; 2-4	0,570	23,143	19,000	1,000
0-0; 0-1 ile 3-4; 4-4; 4-5	1,843	23,143	14,667	0,326
1-2; 2-3 ile 0-3; 0-5; 2-4	1,144	27,800	19,000	1,000
1-2; 2-3 ile 3-4; 4-4; 4-5	2,505	27,800	14,667	0,073
0-3; 0-5; 2-4 ile 3-4; 4-4; 4-5	0,666	19,000	14,667	1,000



Şekil 15- Risser evrelerindeki kategorik değişim ile Cobb açısı % değişimi korelasyonuna ilişkin grafik

Hastaların Humerus proksimal fiz evreleri ile Cobb açısındaki zamansal değişim tarafımızca analiz edilirken de yine kategorik gruplar oluşturulmuştur. Bunun nedeni istatistiki incelemeye izin verecek gözlem grubunun oluşturulabilmesidir. Bu analizde humerus proksimal fiz evrelerin göre kategorik gruplar şöyle oluşturulmuştur;

- 1-1; 1-2 kategorileri, düşük evre kategorilerini bir araya getirmek amacı ile oluşturulmuştur.
- 2-3; 3-4 kategorileri, birinci gözlem ve ikinci gözlem arasında bir evre farkı olan kategorileri gruplamak amacıyla oluşturulmuştur.
- 1-3; 2-4; 3-5 kategorileri, birinci gözlem ile ikinci gözlem arasında 2 ve daha fazla evre farklarını bir araya getirmektedir.
- 4-4; 4-5; 5-5 kategorileri, matürasyonu neredeyse tamamlamış veya tamamlamaya çok gruplardan oluşturulmuştur.

Bu kategorizasyon sonrası yaptığımız analizlerde birinci ve ikinci gözlem arasındaki Cobb açısı yüzde değişimi, humerus proksimal fiz evrelerinin değişimi ile kıyaslanmıştır. Cobb açısı değişimleri, humerus proksimal fiz evreleri gelişimine göre anlamlı farklılıklar göstermektedir ($p= 0,001$). Yüksek etki büyüklüğü (Rank $\eta^2= 0,389$) önemli farklara dikkat çekmektedir. İkili karşılaştırmalarda anlamlı farklara rastlanmıştır: "2-3; 3-4" grubu ile "4-4; 4-5; 5-5 " grubu arasında Cobb açısı yüzde değişimi açısından anlamlı fark vardır ($p= 0,008$). "2-3; 3-4" grubu Cobb açısı yüzde değişimi %27,3 (Std.Hata %7,1) olup "4-4; 4-5; 5-5 " grubunda Cobb açısı değişim

yüzdesi %5,7'dir (Std.Hata %3,2). "1-3; 2-4; 3-5" grubu ile "4-4; 4-5; 5-5 " grubu arasında da Cobb açısı yüzde değişimi açısından anlamlı fark vardır ($p= 0,006$). "1-3; 2-4; 3-5" grubu Cobb açısı yüzde değişimi %41,2 (Std.Hata %16,1) olup "4-4; 4-5; 5-5 " grubunda Cobb açısı değişim yüzdesi %5,7'dir (Std.Hata %3,2). Bu sonuçlar neticesinde, humerus proksimal fiz evrelerinde üst evrelere çıkıldıkça (füzyona yaklaşıldıkça) Cobb açısı değişiminde bir azalma belirlenmektedir (Tablo 33-35, Şekil 16).

Tablo 33- Humerus proksimal fiz evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki ilişki

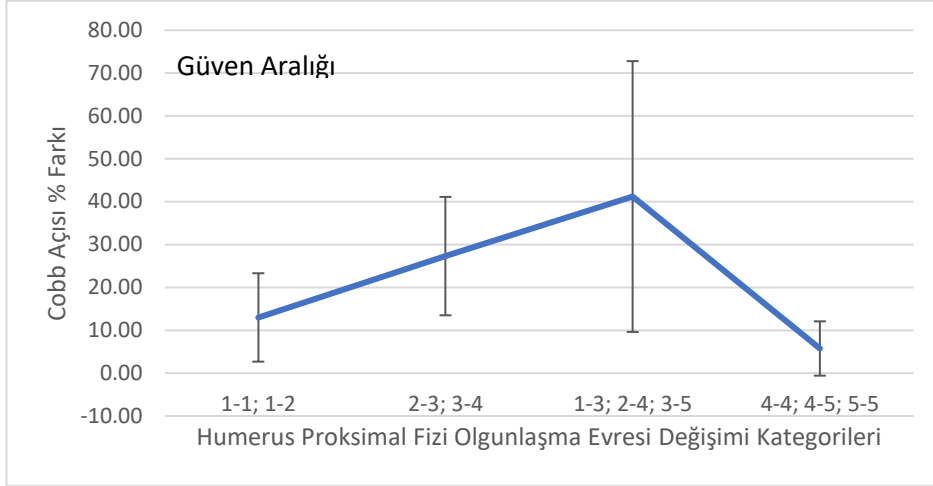
Gruplar	n	Ortalama Cobb Açısı Değişimi (%)	Std. Hata
1-1; 1-2	5	12,984	5,262
2-3; 3-4	9	27,300	7,046
1-3; 2-4; 3-5	7	41,199	16,118
4-4; 4-5; 5-5	15	5,744	3,234

Tablo 34- Humerus proksimal fiz evrelerindeki değişim ile Cobb açısı % değişimi arasındaki değişimine ilişkin Kruskal Wallis Test sonuçları

Faktör	İstatistik	Serbestlik Derecesi	p	Etki Büyüklüğü (Rank η^2)
Humerus proksimal fiz evresine göre yeni kategorik gruplar	15,439	3	0,001	0,389

Tablo 35- Dunn's Post Hoc Comparisons Testi neticesinde Humerus proksimal fiz evreleri için sonuçlar (İstatistiki olarak anlamlı karşılaştırmalar sarı kutucuk içinde verilmiştir)

Karşılaştırma	z	Wi	Wj	pholm
1-1; 1-2 ile 2-3; 3-4	-1,104	18,400	24,889	0,665
1-1; 1-2 ile 1-3; 2-4; 3-5	-1,348	18,400	26,714	0,665
1-1; 1-2 ile 4-4; 4-5; 5-5	1,385	18,400	10,867	0,665
2-3; 3-4 ile 1-3; 2-4; 3-5	-0,344	24,889	26,714	0,731
2-3; 3-4 ile 4-4; 4-5; 5-5	3,157	24,889	10,867	0,008
1-3; 2-4; 3-5 ile 4-4; 4-5; 5-5	3,286	26,714	10,867	0,006



Şekil 16- Humerus proksimal fiz evrelerindeki kategorik değişim ile Cobb açısı % değişimi korelasyonuna ilişkin grafik

Çalışmamızda yapılan ölçümlerin gözlemciler arası uyum analizi yapıldığında Puanlanan değişkenlerin Krippendorff's Alfa ortalama uyum değeri 0.974, standart sapması 0.028'dir (min-max: 0.859- 1.000). Krippendorff's Alfa için karar değerleri; $<0,67$ düşük uyum, $0,67-0,80$ orta derecede uyum, $0,80 \leq$ yüksek uyum olduğundan çalışmamızda gözlemciler arası uyum yüksek bulunmuştur.

5. TARTIŞMA

Büyüyen ve gelişen insan omurgası büyüme plaklarının bir mozaiğidir. Bu mozaik içinde primer ossifikasyon merkezleri, 10 yaş öncesinde ossifiye olan nörosantral kartilaj ve 2. veya 3. dekatta ossifiye olan sekonder ossifikasyon merkezleri bulunur (12,20,22,52). Her bir vertebra gövdesinin kranial ve kaudal yüzeylerinde yer alan halka apofizin olgunlaşması, omurganın en önemli stabilizatörlerinden birinin gelişimi konusunda bize fikir verir. Bu stabilizatör yapı intervertebral disklerin annulus fibrozusunun Sharpey lifleri aracılığıyla vertebra gövdesine tutunduğu halka apofizlerden ileri gelir (26,53,54). Bu halka apofizlerin encondral ossifikasyon süreci radyolojik yöntemlerle izlenebilir. Bu stabilizatör yapının gelişim ve oluşumundaki gecikme ve uyumsuzlukların AIS etiolojisinde rolü olabileceği hipotezi son yıllarda giderek popülerlik kazanmaktadır. Literatürde halka apofizler üzerine yapılmış çeşitli araştırmalar mevcuttur. Yaptığımız literatür taraması neticesinde bu çalışmalarda halka apofizlerin çeşitli yönlerden araştırılmasına rağmen tüm çalışmaların tek zaman diliminde yapılan ölçümlere dayalı olduğunu gördük. Bunun üzerine hastaların çeşitli zaman dilimlerinde yapılan radyolojik incelemelerinde halka apofizlerdeki değişimi ve Cobb açılarında görülen artışı analiz ettik. Bunun yanında bugüne kadar özellikle progresyon tahmininde daha sıklıkla kullanılan Risser evresi ve proksimal humerus fiz evrelerinin de zaman içindeki değişimi ile Cobb açılarındaki değişimin korelasyonunu araştırdık. Bu bilgiler ışığında halka apofizlerin skolyoz etiolojisindeki yerini ve eğrilik progresyonunu belirlemedeki rollerini ortaya koymayı amaçladık. Bu amaçla yaptığımız ölçüm ve analizlerin tamamında apeks vertebra üst ve alt halka apofizlerinin, ayrıca eğriliği içeren tüm vertebra üst ve alt halka apofizlerinin Cobb açısı değişimi ile olan ilişkisinin ayrı ayrı korelasyonlarını inceledik. Gözlem grubumuzda yukarıda saymış olduğumuz halka apofiz bölgelerinin tamamında ilk ve ikinci görüntülemeler arasında matürasyon açısından istatistiki olarak anlamlı fark gördük. Çalışmamızın yapıldığı zaman aralığında halka apofizlerin matüratesinin anlamlı düzeyde arttığı bilgisine sahibiz (Şekil 8-10). Bu çok sayıdaki analizi yapmamızdaki ana neden araştırmamızda üst ve alt halka apofizlerin matürasyon evreleri arasında da anlamlı fark bulmamız oldu (Tablo 11). Bunun yanında yalnızca apeks vertebraya bağlı kalmayıp, eğrilğin

tamamını dahil edeceğimiz analizlerin çalışmamızın doğruluğunu artıracaklarını düşündük. Bu analizlerimizde apeks vertebra üst halka apofizlerindeki matürasyon evresi arttıkça Cobb açısındaki değişim hızının azaldığını, bir başka deyişle progresyonun yavaşladığını gördük (Tablo 18-20). Aynı analizi apeks vertebra alt halka apofizi için yaptığımızda yine matürasyon evresindeki artışla birlikte Cobb açısı değişimindeki azalmayı görmekle beraber buradaki verilerimiz istatistiki olarak anlamlı değildi (Tablo 21-23). Eğriliği içeren tüm vertebraların üst halka apofizlerinin matürasyon evresi ile Cobb açısı değişimi arasındaki ilişkiyi incelediğimizde tıpkı apeks vertebra üst halka apofizinde olduğu gibi halka apofiz matürasyonu arttıkça progresyonun azaldığını gördük ve istatistiki olarak anlamlı sonuçlara ulaştık, buna karşın eğriliği içeren tüm vertebraların alt halka apofizlerini incelediğimizde istatistiki olarak anlamlı bir sonuca ulaşamadık (Tablo 24-29). Özellikle üst halka apofizlerde ulaştığımız anlamlı sonuçlar bize halka apofizlerin skolyoz etiyolojisinde rol oynuyor olabileceğini ve skolyozun prognozunu tayininde diğer iskelet matüritesi belirteçlerine ek olarak doğrudan vertebral kolon gelişimini yansıtan halka apofizlerin kullanabileceğini göstermektedir. Özellikle halka apofizlerin immatüritesi arttıkça skolyotik deformitenin ilerleme hızı arttığından, halka apofiz gelişimi yavaş olan hastalarda prognoz daha kötü olacağı sonucuna ulaşmaktayız.

Costa ve ark. 456 sağlıklı hasta ile yaptıkları BT temelli retrospektif çalışmada Halka apofiz matürasyonundaki gecikmenin AİS patogenezinde rolü olabileceği hipotezini destekler sonuçlara ulaşmışlardır. Bu çalışmada kadınlarda halka apofiz ossifikasyonunun 7-15 yaş aralığında, erkeklerde ise 9-15 yaş aralığında başladığı; füzyonun ise kadınlarda 13-19 yaş aralığında, erkeklerde ise 14-19 yaş aralığında başladığı gösterilmiştir. Buna ek olarak halka apofiz olgunlaşmasının yaş ile doğru orantılı olduğu ve hem ossifikasyonun hem füzyonun kadınlarda daha erken başladığı istatistiki olarak gösterilmiştir. Fakat hızlı büyüme döneminde, kadınlarda bu dönemin daha erken başlaması sebebiyle, kadınlarda daha immatür halka apofizler görülmüştür. Buna ek olarak AİS'te en sık etkilenen alt torakal ve torakolomber bölgenin matürasyonunun diğer vertebra bölgelerine göre daha geç olduğu görülmüştür (12). İmmatür halka apofizlerin yoğun olduğu yani disk vertebra kompleksi

stabilizasyonunun daha zayıf olduğu bölgelerin hem anatomik hem demografik olarak AIS patogenezi uyması bu hipotezi desteklemektedir. Bizim çalışmamızda ise ossifikasyonun 9 yaşında önce alt halka apofizlerde başlamaktadır, bunu takiben 10 yaşında hem alt hem üst halka apofizlerde ossifikasyon görülmektedir (Tablo 13). Yaş ile halka apofiz matürasyonu arasındaki ilişki tarafımızca da gösterilmiş fakat hasta sayımızın kısıtlı olmasından dolayı bu konuda istatistiki araştırma yapılamamıştır. Aynı zaman diliminde yaptığımız ölçümlerde lomber vertebralara ait halka apofizlerin diğer vertebra bölgelerine göre daha matür olduğu tarafımızca tespit edilmiştir (Tablo 12).

Skolyoz etiyolojisinde halka apofizlerin rolüne dair hipotezler yalnızca matürasyon sürecinin zamanlaması ya da vertebral kolondaki konumuna bağlı değil aynı zamanda halka apofizlerin matürasyon sürecindeki asimetrisine de odaklanmıştır. Makino ve ark. 29 kadın skolyoz hastası ile yaptıkları retrospektif, BT temelli çalışmada bu soruya cevap aramışlardır. Bizim hipotezimize benzer şekilde bu makalenin yazarları da AIS'in ortaya çıkış ve progresyon zamanıyla, halka apofizlerin ossifikasyon ve matürasyon zamanının sıklıkla örtüşmesi üzerine bu iki süreç arasında bir ilişki olabileceğini hipotezini kurmuştur. Tamamı cerrahi geçirmiş olan hastaların ameliyat öncesi BT'leri üzerinden yapılan bu çalışmada eğriliğin konveks ve konkav taraflarındaki halka apofizler ayrı ayrı incelenmiş ve bunlar arasındaki matürasyon derecesi farklılaştırılmıştır. Bu çalışmada end vertebralardaki tüm vertebralarda konkav taraftaki halka apofizler konveks tarafa göre daha immatür bulunmuş ve bu veri istatistiki olarak anlamlı saptanmıştır. Fakat bu incelemede yapısal eğriliklerde bu fark görüldüğü gibi, kompensatuar eğriliklerde de aynı fark görülmüş ve bu farkın özellikle apeks vertebra düzeyinde belirgin olduğu saptanmıştır. Bunun vertebralardaki asimetrik yüklenmeden ileri gelebileceği ya da Hueter-Volkman prensibi uyarınca kompresyon olan tarafta büyüme ve gelişmenin inhibe olup, yükün azaldığı tarafta büyüme ve gelişmenin hızlanacağı söylenmiştir. Bunun yanında konkav tarafta artan kompresyonun bölgenin perfüzyonunu bozup bunun da konkav taraftaki matürasyon gecikmesine neden olabileceği iddia edilmiştir (11). Bu çalışma örneklem olarak bizim çalışmamıza benzemekle birlikte bizim çalışmamızda asimetriden ziyade zamansal değişim üzerine odaklanılmıştır.

Costa ve ark.'ın 2024 yılında yaptığı bir başka çalışmada ise 10-21 yaş aralığındaki skolyotik ve sağlıklı kadın hastalar karşılaştırılmıştır. 99 adet AIS hastası ile 134 sağlıklı hastadan oluşan kontrol grubunun BT'leri karşılaştırılmış ve bu çalışma için tıpkı bizim çalışmamızda olduğu gibi T1-L5 aralığındaki tüm vertebra ların halka apofiz evrelemesi yapılmıştır. Skolyotik hastaların yapısal eğriliklerinin apeks seviyesi en sık T8 vertebra olarak saptanmıştır. Bizim çalışmamızda ise en sık apeks seviye T9 olarak bulunmuş olup bunu az farkla T8 seviyesi izlemektedir (Tablo 4). Ayrıca çalışmada ana eğrilik ortalama Cobb açısı 54° iken bizim çalışmamızda ortalama Cobb açısı 51° bulunmuştur (Tablo 6). Bu çalışmada halka apofiz matürasyon derecesi ile yaş pozitif korelasyonda ve istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Ayrıca aynı vertebra ya ait alt ve üst halkaların matürasyonu konusunda istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Buna karşın bizim çalışmamızda hastaların ilk görüntülemeleri üzerinden yapılan analizde aynı görüntülemelerde matürite evrelerinin alt halka apofizlerde, üste göre daha yüksek olduğu istatistiki olarak gösterilmiştir (Tablo 11). Bir başka deyişle vertebra ların alt halka apofizlerinde matürite süreci üste göre daha hızlı ilerlemektedir. Costa ve ark.'a göre skolyotik ve normal popülasyonun halka apofiz ossifikasyon ve füzyon sürecinin benzer olduğu saptanmıştır. Ossifikasyonun önce T4-T11 arasında başladığı ardından T1-T5 ve L3-S1 vertebra aralıklarının ossifiye olduğu saptanmıştır. Füzyonun ise en son orta ve alt torakal bölge yani T4-T11 aralığında görüldüğü saptanmıştır. Bunlarla birlikte halka apofiz matürasyon sürecinin skolyotik bireylerde sağlıklı bireylere göre daha geç tamamlandığı belirtilmiştir (55). Bu durumda skolyotik hastalardaki bu halka apofiz dolayısı ile disk matürasyonundaki gecikmenin generalize bir iskelet sistemi gelişim gecikmesini yansıtır yansıtmayacağı sorusu akıllara gelmektedir. Literatüre baktığımızda durumun böyle olmadığı görülmektedir. Modi ve ark. skolyotik ve skolyotik olmayan popülasyonların Risser derecelerini ve el grafi lerini incelemişler ve popülasyonların matürasyon derecelerinde anlamlı fark saptamamışlardır (56). Ayrıca Sanders ve ark. Tanner-Whitehouse-III ve Greulich ve Pyle referanslarının da skolyotik bireylerde normal popülasyonla benzer olduğunu belirtmişlerdir (57). Nissinen ve ark. ise skolyozlu kızların daha geç değil aksine daha erken tepe büyüme hızına ulaştığını belirtmiştir (58). Tüm bu bilgiler ışığında disk-vertebra kompleksinin matürasyonundaki gecikme, diğer vücut bölümleri ile ilişkili görünmemektedir.

AİS hastalarında etiyolojinin araştırılması yanında prognoz tayini de büyük önem taşımaktadır. Özellikle tedavi seçeneklerinin belirlenmesinde, cerrahi işlem endikasyonu konulmasında prognozu olabildiğince net kestirmek oldukça önemlidir. Bu amaçla pek çok sınıflandırma sistemi kullanılmıştır. Risser evrelemesi, Greulich ve Pyle atlası, Tanner-Whitehouse sistemi, Sanders sınıflaması ve humerus proksimal fiz sınıflaması bu sınıflama sistemlerine örnek verilebilir. Tüm bu sistemlerin amacı hızlı büyüme dönemini kestirmek ve iskelet matürasyonunu tayin etmektedir. Bu bilgiler ise skolyozda prognoz tarihi ve cerrahi zamanlamayı belirlemek için kullanılır. Lenz ve ark.'ın yapmış olduğu araştırmada ilk başvurdaki eğrilik derecesi, iskelet matürasyon düzeyi ve hızlı büyüme döneminde eğriliğin mevcut olması eğriliğin progresyonu ile en yüksek korelasyonu gösteren veriler olarak dikkat çekmektedir (59). İskelet matürasyonu belirteçlerinden olan Sanders Sınıflamasındaki evre ile skolyoz derecesinin progresyonu arasında güçlü bir korelasyon olduğu Sitoula ve ark. tarafından gösterilmiştir (60). Bizim çalışmamızda uygun grafilerin bulunmaması nedeniyle Sanders sınıflaması üzerine bir araştırma yapılamamıştır. AİS hastalarında halihazırda rutin olarak çekilen skolyoz grafileri üzerinden evreleme yapmaya uygun olması itibarıyla humerus proksimal fiz ve Risser evrelemeleri de fazladan radyasyon maruziyeti olmadan kullanılabilecek prediktif faktörlerdendir. Biz de çalışmamızda bu iki evreleme sistemi ve zaman içinde Cobb açısının değişimini karşılaştırdık. Hastaların Risser evrelerindeki değişim ile Cobb açılarının zaman içindeki değişimini analiz ettiğimizde, Risser evresi ileri olan hastalarda Cobb açısı değişiminin daha az olduğunu grafik olarak göstermekle birlikte istatistiki olarak anlamlı bir fark bulamadık (Tablo 30-32, Şekil 15). Bu durumda Risser ölçeğinin iyi bir prognostik değer olmadığını savunmaktayız. Cheng ve ark. da Risser 0'ın cerrahi için önemli bir karar noktasını olduğunu fakat Risser 3'e kadar progresyonun devam edebildiğini ve bu nedenle Risser evresinin iyi bir prognostik değer olmadığını belirtmişlerdir (23). Li ve ark. ise Risser sınıflamasının hızlı büyüme dönemini tahmin etmedeki başarısının triradiat kıkırdak ile beraber değerlendirildiğinde 6 aylık tahminlerde %29, 1 yıllık tahminlerde ise %53 başarılı olduğunu belirtmişlerdir. Bu verilere humerus proksimal fiz, yaş ve cinsiyet verilerinin de eklenmesi ile yapılan değerlendirmede ise 6 aylık tahminlerde %56, 1 yıllık tahminlerde ise %91'lik başarı görmüşlerdir (61). Biz de hastaların humerus proksimal fiz evrelerinde zaman içinde meydana gelen değişim ile

aynı zamanda diliminde Cobb açılarında görülen değişimi karşılaştırdığımızda; humerus proksimal fiz evrelerinde daha matür evrelere gelindikçe, Cobb açısındaki artışın azaldığını gördük (Tablo 33-35). Bu korelasyonun istatistiki olarak anlamlı sonuçlanması nedeniyle humerus proksimal fiz evresinin prognozu belirlemede rahatlıkla kullanılabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızın kısıtlılıklarından bahsederek; öncelikle her hastanın ameliyat öncesi dönemde 2 adet BT tetkinin bulunması gerekliliği hasta sayımızı kısıtlamaktadır. Bu kısıtlı sayıda hasta ile her yaş grubunda ve her halka apofiz evresinde homojen dağılımlı bir hasta evreni elde etmek mümkün olmamış, bu durum bazı analizlerimizin istatistiki olarak doğrulanamamasına neden olmuştur. Hasta sayısının daha fazla olduğu bir çalışmada analizlerin daha isabetli sonuçlara ulaşacağını düşünmekteyiz. Ayrıca günümüzde iskelet matüritesinin en sık kullanılan belirteçlerinden olan Sanders evrelemesinin elimizde uygun grafler olmadığından dolayı analiz edilememesi de çalışmamızın zayıf yönlerindendir. Her ne kadar kullandığımız hiçbir görüntüleme bizim çalışmamız için yapılmamış olsa da, incelemelerimizin BT temelli oluşu, yüksek doz radyasyon içermesi elde ettiğimiz bilgilerin kullanılabilirliğini kısıtlamaktadır. Örneğin cerrahi endikasyonu olmayan ve konservatif takip edilen AİS hastalarının prognozunu tayin edebilmek için ulaştığımız bilgiler radyasyon içermeyen bir görüntüleme yöntemi ile analiz edilebilirse kullanılabilirliği yükselecektir.

6. SONUÇ

AİS etiyolojisine dair bugüne kadar pek çok hipotez ortaya konulmuştur, fakat bu konuda henüz bir fikir birliğine varılamamıştır. Vertebral kolonun ana stabilizatör yapılarından olan disk-vertebra kompleksinin oluşma sürecinde önemli rol oynayan halka apofizlerin skolyoz gelişimi ile ilişkisinin ise son dönemde popülerliği hızla artmakta ve çalışmalardan elde edilen bulgular skolyoz etiyolojisinde halka apofiz matürasyon süreçlerinin rol oynayabileceği konusunda bize fikir vermektedir.

Çalışmamızda AİS hastalarında halka apofiz matürasyon evresi daha ileri olan hastalarda Cobb açısındaki artış hızının anlamlı düzeyde azaldığını gördük. Bazı diğer omurga dışı matürasyon belirteçleri incelendiğinde de matürasyon arttıkça deformite ilerleme hızının azaldığı bilgisine sahip olsak da bizim çalışmamızda doğrudan omurga gelişimini yansıtan bir parametrede bu korelasyon gösterilmektedir. Bu sonuçtan yola çıkarak hızlı büyüme evresinde daha immatür halka apofizlere sahip olan, ya da halka apofiz matürasyon sürecinin uzadığı hastalarda deformitenin daha hızlı ilerleyeceğini söyleyebilmekteyiz. Bu veriler ışığında halka apofiz matürasyonuna dair görüntülemelerle skolyozda deformitenin prognozuna dair daha isabetli yorumlar yapılabileceğini savunmaktayız.

KAYNAKLAR

1. Herring JA. Tachdjian's Pediatric Orthopaedics E-Book: From the Texas Scottish Rite Hospital for Children: Elsevier Health Sciences; 2013. En.
2. Herring JA. Tachdjian's Pediatric Orthopaedics. 3rd Edition, New York: W.B.Saunders Company, 2002: 213-299. En.
3. Bredoux R, Corvazier E, Dally S, Chaabane C, Bobe R, Raies A, et al. Human platelet Ca^{2+} -ATPases: New markers of cell differentiation as illustrated in idiopathic scoliosis. *Platelets*. 1 de enero de 2006;17(6):421-33.
4. Andersen MO, Thomsen K, Kyvik KO. Adolescent Idiopathic Scoliosis in Twins: A Population-Based Survey. *Spine*. 15 de abril de 2007;32(8):927.
5. Taylor JR . Vascular causes of vertebral asymmetry and the laterality of scoliosis 1986 - *Medical Journal of Australia* - Wiley Online Library [Internet]. [citado 1 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.5694/j.1326-5377.1986.tb112281.x>
6. Drevelle X, Dubousset J, Lafon Y, Ebermeyer E, Skalli W. Analysis of the mechanisms of idiopathic scoliosis progression using finite element simulation. En: *Research into Spinal Deformities 6* [Internet]. IOS Press; 2008 [citado 1 de octubre de 2024]. p. 85-9. Disponible en: <https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/978-1-58603-888-5-85>
7. Acaroglu E, Akel I, Alanay A, Yazici M, Marcucio R. Comparison of the melatonin and calmodulin in paravertebral muscle and platelets of patients with or without adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 15 de agosto de 2009;34(18):E659-663.
8. Machida M, Dubousset J, Imamura Y, Iwaya T, Yamada T, Kimura J. Role of melatonin deficiency in the development of scoliosis in pinealectomised chickens. *J Bone Joint Surg Br*. enero de 1995;77(1):134-8.
9. Yekutieli M, Robin GC, Yarom R. Proprioceptive function in children with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 1981;6(6):560-6.
10. Arlet V, Marchesi D, Papin P, Aebi M. Decompensation following scoliosis surgery: treatment by decreasing the correction of the main thoracic curve or «letting the spine go». *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. abril de 2000;9(2):156-60.
11. Makino T, Kaito T, Sakai Y, Kashii M, Yoshikawa H. Asymmetrical ossification in the epiphyseal ring of patients with adolescent idiopathic scoliosis: a retrospective review. *Bone Jt J*. mayo de 2016;98-B(5):666-71.

12. Costa L, de Reuver S, Kan L, Seevinck P, Kruyt MC, Schlosser TPC, et al. Ossification and Fusion of the Vertebral Ring Apophysis as an Important Part of Spinal Maturation. *J Clin Med*. 21 de julio de 2021;10(15):3217.
13. Taylor JR. Growth of human intervertebral discs and vertebral bodies. *J Anat*. septiembre de 1975;120(Pt 1):49-68.
14. Kaplan KM, Spivak JM, Bendo JA. Embryology of the spine and associated congenital abnormalities. *Spine J Off J North Am Spine Soc*. 2005;5(5):564-76.
15. Akbarnia, B.A., Thompson, G.H., Yazici, M., El-Hawary. The Growing Spine: Management of Spinal Disorders in Young Children | SpringerLink [Internet]. [citado 4 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-48284-1>
16. Skórzewska A, Grzymisławska M, Bruska M, Lupicka J, Woźniak W. Ossification of the vertebral column in human fetuses: histological and computed tomography studies. *Folia Morphol*. agosto de 2013;72(3):230-8.
17. Thomas S, Langman J. Langman's Medical Embryology. 8th Edition. Lippincott Williams and Wilkins; 2000. En.
18. Bick EM, Copel JW. The ring apophysis of the human vertebra; contribution to human osteogeny. II. *J Bone Joint Surg Am*. julio de 1951;33-A(3):783-7.
19. Schmorl G, Junghanns H. The Human Spine in Health and Disease. 2nd ed. (Besemann EF, ed.). Grune & Stratton; 1971.
20. Woo TD, Tony G, Charran A, Lalam R, Singh J, Tyrrell PNM, et al. Radiographic morphology of normal ring apophyses in the immature cervical spine. *Skeletal Radiol*. septiembre de 2018;47(9):1221-8.
21. Zaoussis AL, James JJ. The iliac apophysis and the evolution of curves in scoliosis. *J Bone Joint Surg Br*. agosto de 1958;40-B(3):442-53.
22. Uys A, Bernitz H, Pretorius S, Steyn M. Age estimation from anterior cervical vertebral ring apophysis ossification in South Africans. *Int J Legal Med*. noviembre de 2019;133(6):1935-48.
23. Cheng JC, Castelein RM, Chu WC, Danielsson AJ, Dobbs MB, Grivas TB, et al. Adolescent idiopathic scoliosis. *Nat Rev Dis Primer*. 24 de septiembre de 2015;1:15030.
24. Castelein RM, Pasha S, Cheng JC, Dubousset J. Idiopathic Scoliosis as a Rotatory Decompensation of the Spine. *J Bone Miner Res*. 1 de octubre de 2020;35(10):1850-7.
25. Grivas TB, Vasiliadis ES, Rodopoulos G, Bardakos N. The role of the intervertebral disc in correction of scoliotic curves. A theoretical model of Idiopathic Scoliosis pathogenesis. En: *Research into Spinal Deformities 6*

- [Internet]. IOS Press; 2008 [citado 14 de octubre de 2024]. p. 33-6. Disponible en: <https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/978-1-58603-888-5-33>
26. Grivas TB, Vasiliadis E, Malakasis M, Mouzakis V, Segos D. Intervertebral disc biomechanics in the pathogenesis of idiopathic scoliosis. *Stud Health Technol Inform.* 2006;123:80.
 27. Grivas T, Vasiliadis E, Triantafyllopoulos G, Kaspiris A. A comprehensive model of idiopathic scoliosis (IS) progression, based on the patho-biomechanics of the deforming «three joint complex». *Scoliosis.* 14 de diciembre de 2009;4(2):O10.
 28. Grivas TB. The diurnal variation “accordion”-like phenomenon of wedged intervertebral discs: a progression factor in idiopathic scoliosis. *Ann Pediatr Child Health.* 2021;9:1241.
 29. Weinstein SL, Flynn JM. Lovell and Winter’s pediatric orthopaedics. Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
 30. Kim H, Kim HS, Moon ES, Yoon CS, Chung TS, Song HT, Suh JS, Lee YH, Kim S. Scoliosis imaging: what radiologists should know. *Radiogr Rev Publ Radiol Soc N Am Inc* [Internet]. noviembre de 2010 [citado 4 de octubre de 2024];30(7). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21057122/>
 31. Janicki JA, Alman B. Scoliosis: Review of diagnosis and treatment. *Paediatr Child Health.* noviembre de 2007;12(9):771-6.
 32. Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop.* febrero de 2013;7(1):3-9.
 33. Carter OD, Haynes SG. Prevalence rates for scoliosis in US adults: results from the first National Health and Nutrition Examination Survey. *Int J Epidemiol.* diciembre de 1987;16(4):537-44.
 34. Schwab F, Dubey A, Gamez L, El Fegoun AB, Hwang K, Pagala M, Farcy JP. Adult scoliosis: prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population. *Spine* [Internet]. 5 de enero de 2005 [citado 4 de octubre de 2024];30(9). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15864163/>
 35. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Czaprowski D, Schreiber S, de Mauroy JC, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord.* 2018;13:3.
 36. Moore KL, Dalley AF. Clinically oriented anatomy [Internet]. Wolters kluwer india Pvt Ltd; 2018 [citado 4 de octubre de 2024]. Disponible en: https://books.google.com/books?hl=tr&lr=&id=9CvvDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Moore+KL,+Dalley+AF,+Agur+AMR.+Clinically+Oriented+Anatomy.+8th+Edition.+Lippincott+Williams+and+Wilkins%3B+2018.+&ots=97iapBgdEI&sig=OP8VPN_4z_nGx_ylhBCL0dmM3gY

37. Doak J. Classification of Early-Onset Scoliosis. En: El-Hawary R, Eberson CP, editores. Early Onset Scoliosis [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2018 [citado 4 de octubre de 2024]. p. 9-15. Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-71580-3_2
38. Ogilvie J. Adolescent idiopathic scoliosis and genetic testing. Curr Opin Pediatr [Internet]. febrero de 2010 [citado 5 de octubre de 2024];22(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19949338/>
39. Riseborough EJ, Wynne-Davies R. A genetic survey of idiopathic scoliosis in Boston, Massachusetts. J Bone Joint Surg Am. julio de 1973;55(5):974-82.
40. Miller NH, Justice CM, Marosy B, Doheny KF, Pugh E, Zhang J, et al. Identification of candidate regions for familial idiopathic scoliosis. Spine. 15 de mayo de 2005;30(10):1181-7.
41. Machida M, Dubousset J, Yamada T, Kimura J. Serum melatonin levels in adolescent idiopathic scoliosis prediction and prevention for curve progression--a prospective study. J Pineal Res [Internet]. abril de 2009 [citado 5 de octubre de 2024];46(3). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19317797/>
42. Dayer R, Haumont T, Belaieff W, Lascombes P. Idiopathic scoliosis: etiological concepts and hypotheses. J Child Orthop. febrero de 2013;7(1):11-6.
43. Hueter C. Anatomische studien an den extremitätengelenken neugeborener und erwachsener. Arch Fuer Pathol Anat Physiol Fuer Klin Med. 1863;26(5):484-519.
44. Drevelle X, Lafon Y, Ebermeyer E, Courtois I, Dubousset J, Skalli W. Analysis of idiopathic scoliosis progression by using numerical simulation. Spine. 1 de mayo de 2010;35(10):E407-412.
45. Ramirez N, Johnston CE, Browne RH. The prevalence of back pain in children who have idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg Am. marzo de 1997;79(3):364-8.
46. Alıcı E. Omurga hastalıkları ve deformiteleri. Dokuz Eylül Üniversitesi; 1991.
47. Bradford DS, Lonstein JE, Moe JH, Winter RB. Scoliosis and other spinal deformities. 1978 [citado 6 de octubre de 2024]; Disponible en: <https://experts.umn.edu/en/publications/scoliosis-and-other-spinal-deformities>
48. Ecker ML, Betz RR, Trent PS, Mahboubi S, Mesgarzadeh M, Bonakdapour A, Drummond DS, Clancy M. Computer tomography evaluation of Cotrel-Dubousset instrumentation in idiopathic scoliosis. Spine [Internet]. octubre de 1988 [citado 6 de octubre de 2024];13(10). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3206272/>

49. Weiss HR, Moramarco M. Indication for surgical treatment in patients with adolescent Idiopathic Scoliosis - a critical appraisal. *Patient Saf Surg.* 24 de mayo de 2013;7(1):17.
50. Maruyama T, Takeshita K. Surgical treatment of scoliosis: a review of techniques currently applied. *Scoliosis.* 18 de abril de 2008;3:6.
51. 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.* 1 de julio de 2020;102(13):1169-76.
52. Faizan A, Sairyo K, Goel VK, Biyani A, Ebraheim N. Biomechanical rationale of ossification of the secondary ossification center on apophyseal bony ring fracture: a biomechanical study. *Clin Biomech Bristol Avon.* diciembre de 2007;22(10):1063-7.
53. Widmer J, Cornaz F, Scheibler G, Spirig JM, Snedeker JG, Farshad M. Biomechanical contribution of spinal structures to stability of the lumbar spine—novel biomechanical insights. *Spine J Off J North Am Spine Soc.* octubre de 2020;20(10):1705-16.
54. Will RE, Stokes IA, Qiu X, Walker MR, Sanders JO. Cobb angle progression in adolescent scoliosis begins at the intervertebral disc. *Spine.* 1 de diciembre de 2009;34(25):2782-6.
55. Costa L, van Lange A, Seevinck PR, Chu W, Vavruch L, Kruyt MC, et al. Maturation of the vertebral ring apophysis is delayed in girls with adolescent idiopathic scoliosis compared to the normal population. *Spine Deform.* noviembre de 2024;12(6):1631-7.
56. Modi HN, Modi CH, Suh SW, Yang JH, Hong JY. Correlation and comparison of Risser sign versus bone age determination (TW3) between children with and without scoliosis in Korean population. *J Orthop Surg.* 20 de septiembre de 2009;4:36.
57. Sanders JO, Khoury JG, Kishan S, Browne RH, Mooney JF, Arnold KD, et al. Predicting scoliosis progression from skeletal maturity: a simplified classification during adolescence. *J Bone Joint Surg Am.* marzo de 2008;90(3):540-53.
58. Nissinen M, Heliövaara M, Seitsamo J, Poussa M. Trunk Asymmetry, Posture, Growth, and Risk of Scoliosis: A Three-Year Follow-Up of Finnish Prepubertal School Children. *Spine.* enero de 1993;18(1):8.
59. Lenz M, Oikonomidis S, Harland A, Fünstahl P, Farshad M, Bredow J, et al. Scoliosis and Prognosis—a systematic review regarding patient-specific and radiological predictive factors for curve progression. *Eur Spine J.* 1 de julio de 2021;30(7):1813-22.

60. Sitoula P, Verma K, Holmes L, Gabos PG, Sanders JO, Yorgova P, et al. Prediction of Curve Progression in Idiopathic Scoliosis: Validation of the Sanders Skeletal Maturity Staging System. *Spine*. 1 de julio de 2015;40(13):1006-13.
61. Li DT, Linderman GC, Cui JJ, DeVries S, Nicholson AD, Li E, et al. The Proximal Humeral Ossification System Improves Assessment of Maturity in Patients with Scoliosis. *JBJS*. 16 de octubre de 2019;101(20):1868.

