

Adolesan İdiopatik Skolyozda Semptomlar ve Klinik Takip

Symptoms and Clinical Follow-up in Adolescent Idiopathic Scoliosis

 Ayşe Güç

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Kayseri Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye

ÖZ

Giriş: Adolesan idiyopatik skolyozlu (AİS) bireylerin eğriliği farketmesi dışında, AİS genelde tesadüfen veya okul taramalarında ortaya çıkar. AİS'da tanı, tedavi ve takip için ayrıntılı öykü, muayene ve radyolojik incelemeler yapılmalıdır.

Bulgular: AİS'de ağrı sık gözlenen bir durum değildir. Skolyozlu bir hastada ağrı, kifoz veya altta yatan potansiyel bir lezyonun habercisidir. Psikiyatrik problemler büyük eğriliklerde gözlenebilir. Erken ölüme yol açmayan nefes darlığı gibi pulmoner semptomlar genelede 60-80 derece üzeri eğriliklerde görülür. Eğri ilerlemesini etkileyen tanı yaşı, menarş durumu, trianguler fibrokartilajın kapanıp kapanmadığı, Risser evresi, Sanders evresi klinik takipte önemlidir.

Sonuç: AİS sıklıkla asemptomatik seyreder. Klinik takipte tanı yaşının küçük olması, kız cinsiyet, premenarş ve menarş sonrası 1 yıl, Risser-Sanders evresinin küçük olması, başlangıçta yüksek açı, torakal eğrilikler progresyon riskinin habercisidir.

Anahtar Kelimeler: Skolyoz, teşhis, terapi

ABSTRACT

Introduction: The curvature is usually discovered incidentally or during school screening, except that the individual with adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is noticing the curvature. Detailed history, examination and radiological examinations should be performed for diagnosis, treatment and follow-up in AIS.

Results: Pain is not a common condition in AIS. In a patient with scoliosis, pain is a precursor of kyphosis or a potential underlying lesion. Psychiatric problems can be observed in large curves. Pulmonary symptoms such as shortness of breath are generally seen in curves above 60-80 degrees. The age at diagnosis, menarche status, open of triangular fibrocartilage, Risser stage, Sanders stage, which affect the curve progression, are important in clinical follow-up.

Conclusion: AIS is often asymptomatic. Small age at diagnosis, female gender, premenarche and 1 year after menarche, low Risser-Sanders stage, high angle at the beginning, and thoracic curvatures in clinical follow-up are predictors of the risk of progression.

Key words: Scoliosis, diagnosis, therapy

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ayşe Güç,
Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Kayseri Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve
Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye

e.mail: ayseatilabey@gmail.com

Tel: 0 352 437 52 69

Geliş tarihi/Received: 23.10.2022
Kabul tarihi/Accepted: 17.01.2023

GİRİŞ

Adolesan İdiopatik Skolyozda Semptomlar ve Klinik Takip Skolyoz çekilen antero-posterior omurga grafisinde (coronal planda) Cobb yöntemiyle belirlenen, omurganın sağa veya sola en az 10° ölçülen eğriliğidir. Kadın cinsiyette daha sık gözlenmektedir. Yapısal ve yapısal olmayan skolyoz olarak iki büyük gruba ayrılmaktadır (1, 2). Yapısal skolyozların nedeni %80 oranında belirlenemez ve idiyopatik skolyoz olarak sınıflandırılır. Skolyozun en sık görülen tipini ise adolesan idiyopatik skolyoz (AİS) oluşturur (3). Bu hastaların büyük çoğunluğu asemptomatiktir. Tanı başka bir duruma bağlı çekilen radyografilerde tesadüfen konabilir veya ebeveynlerin vücut asimetrisini fark edip hastaneye başvurması neticesinde de tanı konabilir. AİS vakaları tedavi edilmezse ilerleyebilir ve ciddi vakalar morbidite ve mortalite ile sonuçlanabilir (4). AİS için egzersiz tedavisi, korse tedavisi ve cerrahi tedavi uygulanan tedavi yöntemleridir.

Klinik değerlendirme; skolyozla ilgili tanı, prognoz tahmini ve tedavi reçetesinde merkezi rol almaktadır. Erken teşhis, ilerleyici yapısal skolyoz vakaları için uzun vadeli periyodik kontrollerin programlanmasına izin verir. Bu nedenle, bu tür klinik değerlendirmenin ana hedefleri, erken teşhis, ilerleme potansiyelinin değerlendirilmesi, ilerlemeyi ve buna bağlı cerrahi riskleri önlemeye yönelik erken ve uygun konservatif tedavinin tanımlanması, estetik etkinin iyileştirilmesi ve sağlık risklerinin önlenmesidir. Skolyozlu bir hastanın klinik değerlendirmesi standardize edilmemiştir. Belirli vücut noktalarından nicel olarak değerlendirme (örn. Anterior iliak spine ve posterior-üst iliak spine) mümkün olmakla birlikte daha güvenilir bir ölçüm yöntemi tavsiye edilebilir (5).

Skolyozun belirti ve semptomları

AİS, bireyin eğriliği farketmesi dışında genellikle tesadüfen veya okul taramalarında ortaya çıkar. AİS'te tanı, tedavi ve takip için ayrıntılı öykü, muayene ve radyolojik incelemeler yapılmalıdır. Öykü, ayrıntılı bir doğum hikayesini, gelişimsel basamakları, ailede spinal deformite öyküsünü ve fizyolojik olgunluk değerlendirmesini içermelidir. Doğum sırasındaki zorluklar, nöromüsküler skolyoza yol açabilen serebral palsi teşhisi ile ilişkilendirilebilir. Gelişimsel gecikme öyküsü, skolyoz için idiyopatik olmayan bir nedenin göstergesi olabilir. Maturasyon değerlendirmesi bize skolyozun progresyonu hakkında bilgi verir (3). Hastanın başvuru şikayetleri, sırt ağrısı, nörolojik semptomlar da dahil olmak üzere detaylı incelenmelidir. Sürekli ağrı, gece ağrısı veya radiküler ağrının varlığı, altta yatan patolojiyi dışlamak için daha fazla araştırma yapılması gerektiğini gösterir (6). Motor ve duyu fonksiyonları, refleksleri test

eden ayrıntılı bir nörolojik muayene yapılmalıdır. Düz olmayan omuzlar, diğerinden daha belirgin görünen kürek kemiği, düzensiz bel kıvrımı, göğüs kafesinin bir tarafının öne doğru çıkıntı yapıyor olması, öne doğru eğilirken sırtın bir tarafında çıkıntı olması inspeksiyonla saptanabilecek bulgulardır. Skolyoz vakalarında çoğu durumda öne eğilme ile omurga yana kıvrılacak, dönecek veya bükülecektir. Bu, vücudun bir tarafındaki kaburgaların veya kasların diğer taraftakilere göre daha fazla dışarı çıkmasına neden olur. Bu durum fizik muayenede Adams'ın öne eğilme testi olarak isimlendirilir (7).

AİS'te ağrı sık gözlenen bir durum değildir. Skolyozlu bir hastada ağrı kifoz veya altta yatan potansiyel bir lezyonun habercisidir. Skolyoz ve sırt ağrısı arasındaki ilişki, idiyopatik skolyozlu 2442 hasta üzerinde yapılan retrospektif bir çalışmada incelenmiştir (8).

Sırt ağrısı olan hastalarda başta spondilolizis ve spondilolistezis olmak üzere altta yatan patolojik bir durum sık gözlenmiş ve bir hastada intraspinal tümör saptanmıştır (8). Skolyoz vakalarında ağrı eşlik ediyor ise idiyopatik skolyoz demeden önce eşlik eden olası patolojiler açısından detaylı hikaye ve fizik muayene gerekirse ileri tetkik istenmelidir.

Psikiyatrik problemler eğrileri 40°'den büyük olan kadınlarda daha sık gözlenmekle birlikte tedavi gerektirecek kadar ciddi ruh sağlığı sorunlarının olmadığı ve deformitelerin orta yaştaki hastalar tarafından gençlere göre daha iyi tolere edildiği sonucuna varılmıştır (9, 10).

Erken ölüme yol açmayan nefes darlığı gibi pulmoner semptomlar idiyopatik skolyoz ile ilişkili olabilir. Bu eğriler genellikle 80°'den büyüktür ve rotasyon artışı ile birlikte gözlenen torasik eğrilerdir (9).

Klinik Takip

Klinik takip için hastayı birçok yönden değerlendirmek gerekir. Hastayı sadece radyolojik olarak radyografiler ile değerlendirmek yanıltıcı olacaktır. Etkin bir tedavi için hastanın hem klinik hem de radyolojik olarak değerlendirilmesi esastır. Spinal eğriliklerin doğası tam olarak bilinemez. Bunlar progrese olabilir, aynı kalabilir veya nadiren regrese olabilir. Birbirini takip eden iki farklı kontrolde 5 derece veya daha fazla artış progresyon olarak değerlendirilir (2).

AİS'te progresyon adolesan dönemin başlangıcında, büyümenin en fazla olduğu dönemde görülür (11, 12). Pubertal büyüme belirtilerinde ilk olarak ekstremitelerin

boyuna büyümesi ve daha sonra aksiyal iskelette longitudinal büyüme görülür. Aksiyel iskeletteki bu longitudinal büyüme dönemi AIS'nin en belirgin ilerlediği dönemdir (11).

Skolyoz açısının ilerlemesini etkileyen, maturite ile ilgili durumlar değerlendirilmelidir. Maturite ölçeklerinde en sık kullanılanlar tanı yaşı, menarş durumu, üçgen fibrokar-tilajın kapanıp kapanmadığı, Risser evresi ve Sanders evresidir. Kemik maturasyonu ne kadar az ise ve ilk teşhisteki eğriliğin büyüklüğü ne kadar fazla ise progresyon riski de o kadar yüksektir. Maksimum büyümenin olduğu dönem eğrilik progresyonunun en fazla olduğu dönemdir. İskelet maturitesi tamamlandıkça progresyon hızı düşer (13, 14).

Hızlı ilerleme riski yüksek olan skolyoz mümkün olduğunca erken tespit edilmelidir.

Tanı Yaşı

Eğriliğin başlangıç yaşı ne kadar küçükse progresyon riski o kadar fazladır (13). Büyüme atağının süresi yaklaşık 2,5-3 yıl olup boyda artışın en fazla ivme kazandığı dönem erkeklerde yaklaşık 14 ve kızlarda 12 yaştır (15).

Cinsiyet

Cinsiyete göre ise kızlarda eğriliğin progresyon oranı, erkek çocuklardan daha fazladır (14, 16). Eğriliklerin büyüklüklerine göre sınıflandırdıkları bir çalışmada kadın erkek oranı 10 derece ve altı eğrilikler için 1,0, 11 ila 20 derece eğrilikler için 1,4, 21 derece ve üzerindeki eğrilikler için 5,4 olarak saptanmıştır. Skolyoz için aktif tedavi gören kadınların erkeklere oranı ise 7.4 olarak saptanmıştır. Bu bulgular kadınların erkeklerden daha fazla etkilendiğini, kadınlarda eğriliğin daha yüksek açı ile seyrettiğini ve kadınların daha fazla tedavi için başvurduğunu desteklemektedir (17).

Menarş Yaşı

Menarş hakkında soru sormak önemlidir çünkü eğrinin ilerlemesi, menarş başlangıcından sonra daha az görülür. Pubertal büyüme piki genellikle menarşla sonlanır ve menarş takiben iki yıl sonra omurga büyümesi durur (18).

Tanner Evresi

Cinsel olgunluk Tanner skalası ile değerlendirilebilir. Sekonder seks karakterlerinin gelişme derecesine dayanmaktadır (19).

Risser Evresi

Pelvisin iliak apofizinin görünümünü ifade eden Risser işareti, iskelet yaşını belirlemek için kullanılabilir. Apofizin anteriordan posterior iliyak omurgaya doğru gidişini ve ardından iliyak kemik ile füzyonunu gösteren sıfırdan beşe

kadar olan bir skaladır. AIS'nin progresyon oranı, Risser işareti ile ters ilişkilidir. Lonstein' e göre Risser bulgusu 0, eğriliği 20-30 derece olan hastaların %70' i en az 5 derece progresyon göstermiştir (20,21). Risser işaretinin dezavantajları, erkek ve kız çocuklarında iskelet yaşı ile farklı korelasyon göstermesi ve tipik olarak kişinin ulaşabileceği maksimum boy uzunluğundan sonra ortaya çıkmasıdır (3).

Sanders Evresi

Radyografide sol el ve el bileğinin metakarp ve falankları iskelet maturasyonunu değerlendirmek için kullanılır. Çekilen radyografi standart bir atlas görüntüsü ile karşılaştırılır (22). Sanders evresinin, Tanner evresi ve Risser işareti de dahil olmak üzere diğer olgunluk göstergelerinden daha fazla progresyon ile ilişkili olduğu bulunmuştur (15).

Başlangıç Cobb Açısı ve Eğriliğin Tipi

Büyük eğrilerin progresyonu küçük eğrilerden genelde daha fazladır (23,24). Eğri 25-30 derecenin üzerine çıktıkça progresyon riski artmaya başlar. 50 derecenin üzerindeki eğriliklerde progresyonla birlikte progresyona katkı sağlayan kemik deformiteleri gözlenir. 25 derecenin altındaki eğrilikler genellikle sabit kalır (12, 25). İdiyopatik skolyozu olan 205 hastayı (163 kız ve 42 erkek) içeren retrospektif bir vaka serisinde, ergenliğin başlangıcında 20°'lik bir eğri için cerrahi risk %16 iken, bu cerrahi risk, ergenliğin başlangıcında $\geq 30^\circ$ eğriler için %100'e yakın olarak bulunmuştur (26). Eğriliğin tipi eğriliğin derecesi kadar progresyon üzerinde etkilidir. Çift eğriler, tekli eğriliklerden daha fazla ilerler. En az progresyon lumbal bölgedeki eğriliklerdedir (27). Yapılan çalışmalarda, torakal apeksli eğrilerin %58 ile %100 arasında değişen progresyona sahip olduğu bildirilmiştir (20, 28). Büyümesi durmuş hastalarda, 30°'nin altındaki skolyoz genellikle stabil kabul edilirken, 30°'nin üzerindeki skolyozun yılda yaklaşık 1° oranında ilerlemesi beklenebilir (14).

Yukarıdaki risk faktörleri, uzmanlar tarafından sık kullanılmasına rağmen, bu faktörlerin önemi ve nasıl etkileşime girebilecekleri henüz tanımlanmamıştır. Yapılan çalışmalarda, bu faktörlerin eğri ilerlemesini doğru bir şekilde öngördüğüne dair kesin kanıt yoktur. Bu nedenle, eğri progresyonunun tahmininde her çocuk için ne zaman tedaviye başlanacağı konusunda hala fikir birliği veya kılavuz yoktur (29). Tablo 1'de skolyoz progresyonunu etkileyen faktörler özet olarak verilmiştir.

Tablo 1. Skolyoz progresyonunu etkileyen faktörler

Skolyoz progresyonunu etkileyen faktörler
Yaşın küçük olması (10 yaş altı)
Kadın cinsiyet
Premenarş ve menarş sonrası 1 yıl
Tanner evresinin küçük olması (evre 3 ve altı)
Risser evre 0-2
Sanders evresinin küçük olması (Sanders 4 ve altı)
Başlangıç açının yüksek olması (30 derecenin üstü)
Torakal eğrilikler
Vertebral rotasyonun fazla olması
Çift major eğrilik
Artrogripozis

Radyolojik Takip

Deformitenin derecesini değerlendirmek için omurganın tam boy ayakta büyük kaset kullanılarak postero-anterior ve lateral radyografileri gereklidir. Çekimlerde antero-posterior çekim yerine postero-anterior yönde çekim yapılması ile tiroid ve meme dokusunun daha az radyasyona maruz kaldığı gösterilmiştir (30). Çalışmalarda skolyozu olan kız çocuklarında daha fazla meme kanseri gözlenmiştir (31). Bu yüzden gonad ve meme korumasına özen gösterilmelidir. Radyografiler yerçekiminin deformite üzerindeki etkisini değerlendirmek için hasta ayakta dururken alınır. Ayakta duramayan hastalarda oturur pozisyonda çekim yapılır. Hastalar ayakkabılarını çıkarır ve bacak boyu eşitsizliği var ise radyografi çekilmeden önce tabanlık takviyesi ile bacak boyu eşitlenir. Hasta karşıya bakarken, ayaklar omuz hizasında ve eller köprücük kemiklerinin üzerindeyken radyografiler alınır. Radyografiler servikal bölgeyi ve pelvisi içermelidir. Düz radyografide skolyoz eğriliğinin büyüklüğü Cobb tekniği ile belirlenir. Ameliyat öncesi değerlendirme ve cerrahi planlamada önemli olan eğri esnekliğini belirlemek için lateral eğilme filmleri çekilir. Ayrıca güncel literatür bu konuda sıklıkla yeni kanıtlar ortaya koymaya devam etmektedir. Tüm vücudu veya bir bölgeyi ön, arka ve yan olarak aynı anda görüntüleyebilen X-Ray ile çalışan EOS (3D İskelet Sistemi Görüntüleme) cihazı hastaları daha az radyasyona maruz bırakarak çekim yaptığı için klasik radyografilere göre daha avantajlıdır. Fakat maliyetli ve her klinikte bulunmayışı dezavantajıdır (32). Gerekirse altta yatan bir hastalığın varlığının tespiti için manyetik rezonans görüntüleme (MRG), bilgisayarlı görüntüleme (BT), sintigrafi gibi ileri tetkikler istenir (3). Konjenital skolyoz,

infantil idiyopatik skolyoz ve juvenil idiyopatik skolyoz hastalarının %20'sinde spinal patoloji eşlik etmektedir. Özellikle 20 dereceden büyük eğriliği olan bu grupta MRG ile tüm spinal kolonun taraması önerilir (33).

Tipik AİS vakaları sağ torakal eğrilik ve torakal kifozda azalma ile birlikte. Hastada sol torakal eğrilik ve torakal kifozda artış gözleniyor ise omurilik patolojisi riski artmıştır ve MRG istemi gereklidir (33, 34). Ayrıca eğriliğin çok hızlı ilerlemesi, sırt ağrısı, nörolojik yetersizlik, boyun sertliği ve şiddetli açıklanamayan baş ağrıları olan hastalarda MRG taraması zorunludur. Benzer şekilde ataksi veya pes kavus gibi klinik bulgular mevcut olduğunda bu hastalar da MRG taraması için düşünülmelidir. Tablo 2'de AİS için MRG endikasyonları özetlenmiştir (35). 60-80 derece üzeri eğrilerde solunum fonksiyon testi düşünülebilir.

Tablo 2. Adolesan İdiyopatik Skolyozda Manyetik Rezonans Görüntüleme Endikasyonları

Sol torakal eğrilik
Torakal kifozda artış
Eğriliğin çok hızlı ilerlemesi
Skolyoz ile birlikte ağrının olması
Nörolojik muayenede patoloji saptanması
10 yaş öncesi eğrilik
Hızlı ilerleyen eğrilik
Ayak deformitesi
İskelet maturasyonu sonrası hızlı ilerleme
Çok keskin açılı eğrilik
Lateral grafide eğrilik apeksine uygun keskin kifozite

SONUÇ

Skolyozda değerlendirme ve klinik takip, omurga patolojilerinde önemli bir yere sahiptir. Erken tanı, hastaya özgü yapılan tedavi ve klinik takip progresyon riskini azaltabilir. Bu yüzden polikliniğe omurga problemi ile başvuran adolesanlarda, ilköğretim öğrencilerinde gerekli inceleme ve taramalar yapılarak skolyozu erlen teşhis etmek verilen tedavinin daha faydalı olmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Heary RF, Kumar S, Bono CM. Bracing for scoliosis. Neurosurgery. 2008;63:A125-A30.
2. SR. S. Working Group on 3-D Classification, Terminology Committee. Revised Glossary of Terms. [Available from: <http://www.srs.org/professionals/glossary.asp>,2003.
3. Altaf F, Gibson A, Dannawi Z, Noordeen H. Adolescent idio

pathic scoliosis. *Bmj*. 2013;346:f2508.

4. Fong DYT, Lee CF, Cheung KMC, Cheng JCY, Ng BKW, Lam TP, et al. A meta-analysis of the clinical effectiveness of school scoliosis screening. *Spine*. 2010;35:1061-71.

5. Grivas TB. *The Conservative Scoliosis Treatment: 1st SOSORT Instructional Course Lectures Book*: IOS Press; 2008.

6. Feldman DS, Straight JJ, Badra MI, Mohaideen A, Madan SS. Evaluation of an algorithmic approach to pediatric back pain. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2006;26:353-7.

7. By Mayo Clinic Staff. Patient Care & Health Information, Diseases & Conditions. Available from: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/scoliosis/symptoms-causes/syc-20350716>.

8. Ramirez N, Charles E, Johnston I, Browne RH. The prevalence of back pain in children who have idiopathic scoliosis. *JBJS*. 1997;79:364-8.

9. Weinstein S, Zavala D, Ponseti I. Idiopathic scoliosis: long-term follow-up and prognosis in untreated. *J Bone Joint Surg Am*. 1981;63:702-12.

10. Ascani E, Bartolozzi P, Logroscino C, Marchetti P, Ponte A, Savini R, et al. Natural history of untreated idiopathic scoliosis after skeletal maturity. *Spine*. 1986;11:784-9.

11. Negrini S, Aulisa AG, Aulisa L, Circo AB, De Mauroy JC, Durmala J, et al. 2011 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis*. 2012;7:1-35.

12. Negrini S, Grivas TB, Kotwicki T, Maruyama T, Rigo M, Weiss HR. Why do we treat adolescent idiopathic scoliosis? What we want to obtain and to avoid for our patients. *SOSORT 2005 Consensus paper*. *Scoliosis*. 2006;1:1-14.

13. Rolton D, Nnadi C, Fairbank J. Scoliosis: a review. *Paediatrics and child health*. 2014;24:197-203.

14. Weinstein S, Ponseti I. Curve progression in idiopathic scoliosis. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1983;65:447-55.

15. Sanders JO. Maturity indicators in spinal deformity. *JBJS*. 2007;89:14-20.

16. Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. *The lancet*. 2008;371:1527-37.

17. Rogala EJ, Drummond DS, Gurr J. Scoliosis: incidence and natural history. A prospective epidemiological study. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1978;60:173-6.

18. Lonstein JE, Carlson J. The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1984;66:1061-71.

19. Buckler JM. Growth of the limbs and trunk. A longitudinal study of adolescent growth: Springer; 1990. p. 36-58.

20. Grivas TB, Vasiliadis E, Mouzakis V, Mihas C, Koufopoulos G. Association between adolescent idiopathic scoliosis prevalence and age at menarche in different geographic latitudes. *Scoliosis*. 2006;1:1-12.

21. Nachemson AL, Sahlstrand T. Etiologic factors in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 1977;2:176-84.

22. Greulich WW, Pyle SI. *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist*: Stanford university press; 1959.

23. Nachemson AL, Peterson L-E, Bradford D, Burwell R, Duhaime M, Edgar M, et al. Effectiveness of treatment with a brace in girls who have adolescent idiopathic scoliosis. A prospective, controlled study based on data from the Brace Study of the Scoliosis Research Society. *Journal of Bone and Joint Surgery-Series A*. 1995;77:815-22.

24. Picault C, Demauroy J, Mouilleseaux B, Diana G. Natural history of idiopathic scoliosis in girls and boys. *Spine*. 1986;11:777-8.

25. Horne JP, Flannery R, Usman S. Adolescent idiopathic scoliosis: diagnosis and management. *American family physician*. 2014;89:193-8.

26. Charles YP, Daures J-P, de Rosa V, Diméglio A. Progression risk of idiopathic juvenile scoliosis during pubertal growth. *Spine*. 2006;31:1933-42.

27. Yaman O, Dalbayrak S. Idiopathic scoliosis. *Turkish neurosurgery*. 2014;24: 646-657.

28. Villemure I, Aubin C, Dansereau J, Labelle H. Biomechanical simulations of the spine deformation process in adolescent idiopathic scoliosis from different pathogenesis hypotheses. *European spine journal*. 2004;13:83-90.

29. Wong H-K, Tan K-J. The natural history of adolescent idiopathic scoliosis. *Indian journal of orthopaedics*. 2010;44:9-13.

30. American Collage of Rheumatology. ACR-SPR-SSR practice parameter for the performance of radiography for scoliosis in children. 2014. Available at: <http://www.acr.org/Quality-Safety/Standards-Guide-lines/Practice-Guidelines-by-Modality/Pediatric>.

31. Hoffman DA, Lonstein JE, Morin MM, Visscher W, Harris III BS, Boice Jr JD. Breast cancer in women with scoliosis exposed to multiple diagnostic x rays. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*. 1989;81:1307-12.

32. Hui SC, Pialasse J-P, Wong JY, Lam T-p, Ng BK, Cheng JC, et al. Radiation dose of digital radiography (DR) versus micro-dose x-ray (EOS) on patients with adolescent idiopathic scoliosis: 2016 SOSORT-IRSSD "John Seavastic Award" Winner in Imaging Research. *Scoliosis and spinal disorders*. 2016;11:1-8.

33. Beals RK, Robbins JR, Rolfe B. Anomalies associated with vertebral malformations. *Spine*. 1993;18:1329-32.

34. Ferguson RL. Medical and congenital comorbidities associated with spinal deformities in the immature spine. *JBJS*. 2007;89:34-41.

35. Davids JR, Chamberlin E, Blackhurst DW. Indications for magnetic resonance imaging in presumed adolescent idiopathic scoliosis. *JBJS*. 2004;86:2187-95.