

Skolyoz Cerrahisi Esnasında ve Sonrasında Karşılaşılan Komplikasyonlar

Complications That Occur During And After Surgery Of Scoliosis

İbrahim Altun

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kayseri Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Kayseri, Türkiye

ÖZ

Omurga deformitesine sıklıkla konjenital, nöromusküler ve idiyopatik tiplerde rastlanır. Skolyoz cerrahisinde diğer cerrahi işlemlerden farklı ve ciddi komplikasyonlar meydana gelebilmektedir. Medikal ve cerrahi komplikasyonların yanı sıra mekanik komplikasyonların gelişmesi nedeniyle deformite doğru bir şekilde tanımlanmalı ve uygun cerrahi teknik ile ameliyat yapılmalıdır. Nörolojik yaralanma mortalite ile birlikte en ciddi komplikasyon olarak karşımıza çıkarken, tüm komplikasyonlardan kaçınmada her hasta için risk değerlendirilmesi yapılmalıdır. Bu nedenle hastanın mevcut nörolojik rahatsızlığının varlığı, skolyoz tipinin belirlenmesi, ameliyat öncesi hastaların hem cerrahi açıdan hem de medikal açıdan değerlendirilmesi komplikasyon oranlarında önemli oranda azalma sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Skolyoz, komplikasyon, nörolojik hasar

ABSTRACT

Spinal deformity is frequently encountered in congenital, neuromuscular and idiopathic types. In scoliosis surgery, different and serious complications can occur from other surgical procedures. In addition to medical and surgical complications, due to the development of mechanical complications, the deformity should be defined correctly and surgery should be performed with the appropriate surgical technique. While neurological injury is the most serious complication with mortality, risk assessment should be done for each patient to avoid all complications. Therefore, the presence of the patient's current neurological disease, the determination of the type of scoliosis, and the preoperative evaluation of the patients both surgically and medically can lead to a significant decrease in complication rates.

Key words: Scoliosis, complication, neurological damage



Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İbrahim Altun
Sağlık Bilimler Üniversitesi, Kayseri Şehir Hastanesi, Ortopedi ve
Travmatoloji Kliniği, Kayseri



e.mail: ortdrialtun1@gmail.com



Tel: 0505 454 66 65

Geliş tarihi/Received: 21.09.2022

Kabul tarihi/Accepted: 18.01.2023

GİRİŞ

Omurganın koronal planda 10o'den fazla lateral eğriliğin olması skolyoz olarak tanımlanmaktadır (1). Eğriliği 40-45 derece olan hastalar ise cerrahi olarak tedavi edilmektedir. Pediatrik ve adölesan skolyozlar sıklıkla karşılaşılan konjenital, idiyopatik ve nöromusküler skolyoz olarak kategorize edilebilir (2,3).

Her cerrahi işlemde olduğu gibi skolyoz cerrahisinde de komplikasyonlar meydana gelebilmektedir (Tablo 1). Komplikasyonları en aza indirmek için hastaların preoperatif değerlendirmesinin önemi artmaktadır. Bu yüzden skolyozun hangi tip olduğu, skolyoz eğriliği açısının yüksekliği, hastanın yaşı, özellikle nöromusküler ve konjenital skolyozlarda sistemik ek hastalıkların varlığı komplikasyon gelişme riskini artırmaktadır. Hastaların preoperatif dönemde gerek cerrahi açıdan gerekse de anestezi açısından ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi komplikasyon oranlarında azalmaya neden olabilmektedir.

Tablo 1. Komplikasyonların genel değerlendirilmesi

Intraoperatif komplikasyonlar	Postoperatif komplikasyonlar
Nörolojik yaralanma	Hematom
Mortalite	Yara enfeksiyonu
Kan kaybı (1038±789 ml,)	Enstrumantasyon sistemi ile ilgili komplikasyonlar (rod ve vida kırılması, vida gevşemesi)
Dura yırtılması	GİS komplikasyonları
Spinal balansın bozulması veya uygun olmayan düzeltme	Sagittal dengenin bozulması
Büyük damar yaralanması	Psodoartroz
Pnömotoraks, pulmoner kollaps, kronik solunum yetmezliği vs.	Komşu segment dejenerasyonu
Kardiyak problemler (kardiyomyopati, hipotansiyon ve taşikardi)	Crankshaft fenomeni

SRS (Scoliosis Research Society) tarafından komplikasyon oranı %8,6 olarak bildirilmiştir (3). Bu konuda birçok farklı sonuçlar bildiren çalışmalar mevcuttur. Deformite cinsi ve komplikasyon çeşitlerinden bağımsız olarak komplikasyon oranları %0 ile %89 arasında olduğu bildirilmiştir (3). 19,360 hastanın değerlendirildiği bir derlemede genel komplikasyon oranının %10,2 olduğu ve konjenital, nöromusküler ve idiyopatik skolyozlarda oluşan komplikasyonların istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı olduğu görül-

müştür (sırasıyla %10,6, %17,9 ve %6,3) (4). Skolyoz tipinin komplikasyon oranları üzerine etkisini araştıran bir başka çalışmada nöromusküler skolyoz hastalarında komplikasyonların %35 gibi yüksek bir oranda olduğu gösterilmiştir (5). Benzer çalışmalarda da nöromusküler hastalarda perioperatif komplikasyon oranlarının (%26,5 ve %33,1) yüksek olduğu görülmektedir (6,7).

Nöromusküler ve konjenital skolyoz hastalarında daha sık görülen spinal kanal patolojilerinden dolayı nörolojik komplikasyon oranları yüksek olduğu görülmektedir. Konjenital skolyoz hastaları üzerinde radyografi ve MR ile yapılan bir çalışmada Tethered kord'un görülme oranı %38, Syringomyelinin görülme oranı %9 ve Diastomatomyelinin görülme oranının ise %9 olduğu tespit edilmiştir (8). Konjenital skolyoz ile ilgili bir diğer çalışmada hastaların %53,7'sinde intraspinal anomali tespit edilmiş, bunun %36'sında Syringomyeli, %20'sinde Tethered kord ve %19'unda ise Diastomatomyeli tespit edilmiştir (9). Ancak konjenital ve nöromusküler skolyozda spinal kanal anomalisi görülürken idiyopatik skolyozda da intraspinal anomalileri görülebilmektedir. İdiyopatik skolyoz hastalarda spinal kord ve beyin anomali oranının %4 ile %54 arasında olduğu tespit edilmiştir (10). İdiyopatik skolyozlu hastalarda geniş çaplı yapılan sistematik bir derlemede %11,4 oranında spinal kord anomalisi olduğu ve bunların; Syrinx (%3,7), Arnold-Chiari malformasyonu (%3,0), Tethered kord (%0,6), tesadüfi bir malignite (%0,3), Diastomatomyeli (%0,2) olduğu tespit edilmiştir (17).

Skolyoz ameliyatı esnasında ve sonrasında mortaliteye sebep olabilen bir hastalıktır. SRS tarafından mortalite oranı %0,2 olarak bildirilmiştir. Ancak konjenital ve nöromusküler skolyozlarda mortalite oranı %0,3-%6,5 görülebilmektedir (4,5,12). Hastaların ameliyat öncesi gerek deformite açısından gerekse komorbidite açısından kapsamlı değerlendirilmesi hem mortaliteyi hem de diğer komplikasyonların azaltmaktadır.

Perioperatif Komplikasyonlar Nörolojik Yaralanma

Nörolojik yaralanma sıklıkla konjenital (%2) skolyozda görülmeyle beraber, nöromusküler skolyoz (%1,1) ve idiyopatik skolyozda (%0,8) da görülebilmektedir (4,8,11).

Bu yaralanma tipi ameliyat esnasında pedikül vidasının direkt kanal içine penetrasyonuna bağlı olarak meydana gelebilmektedir (Şekil 1). İndirekt yaralanmalar ise eğriliği düzeltmeye bağlı olarak oluşan gerginlikten dolayı omur iliği besleyen damarların gerilmesine sekonder perfüzyon bozulması ile ödem, kanama veya intraspinal anomaliler

ere bağlı olarak korda bası ile meydana gelebilmektedir. Özellikle konjenital skolyozlu hastalarda sıklıkla karşılaşılan intraspinal anomaliler açısından preoperatif dönemde ayrıntılı olarak araştırılma yapılmalıdır. İntraspinal anomali tespit edilen hastalarda öncelikle bu anomalilerin tedavisi, sonra skolyozun düzeltilmesi yapılmalıdır. Ayrıca ileri derecede eğriliği olan konjenital anomalilerde uygulanan PSO (Pedikül Subtraction Osteotomi) gibi osteotomilerde veya revizyon vakalarında da nörolojik yaralanma riski yüksektir.



Şekil 1. Spinal kanal içine penetre olmuş vida görünümü

Kanama

Ameliyat esnasında hastanın genel durumunu bozan ve mortaliteyi etkileyen bir diğer faktördür. Her ameliyatta ortalama 1038 ± 789 ml kanama meydana gelebilmektedir. Bu durum özellikle osteotomi gerektiren durumlarda veya hem anterior hem de posterior girişim gerektiren komplike vakalarda kanama miktarını yükseltmektedir. Cerrahi esnasında gerek anestezi uzmanı ve gerek cerrah tarafından kanama miktarı dikkatli bir şekilde takip edilmeli ve gerektiğinde replasman yapılmalıdır.

Damar Yaralanması

Skolyoz cerrahisinde çok sık olmasa da büyük damar yaralanması görülebilmektedir. Pedikül vidaların batın içine penetre olmasıyla ve anterior girişimle aort, vena cava veya iliak arter ve venin direkt yaralanmalarının yanında psödoanevrizma veya arterio-venöz fistüller de görülebilmektedir.

Kardiyak ve Pulmoner Yaralanma

Özellikle torakal vertebraların vidalanması esnasında pömotoraks, pulmoner kollaps gibi penetrasyon yaralanmaları görülebilmektedir. Skopi tv eşliğinde dikkatli vidalama yapılarak yaralanma riski azaltılabilmektedir. Preoperatif

dönemde özellikle konjenital skolyozlu hastalarda görülen kardiyak, renal ve GİS gibi iç organ anomalileri açısından dikkatli olunmalıdır. 231 konjenital skolyozlu hastanın 133'ünde randomize olarak yapılan renal ultrasonografi sonucu %27 oranında ektopik böbrek, at nalı böbrek, renal agenezi ve hidronefroz gibi renal patoloji saptanmıştır. Yine aynı çalışmada 144 hastada mitral valv prolapsusu, aort kapak yetmezliği, biküspit aort kapağı, pulmoner kapak yetmezliği, aort kapak darlığı ve kardiyomyopati gibi kardiyak anomali tespit edilmiştir (9,11). Konjenital skolyozlu 305 hasta üzerinden yapılan bir taramada %43'ünde intraspinal anomali, %39'unda ürogenital anomali, %54'ünde kardiyak anomali ve %12'sinde kardiyak, ürogenital ve spinal anomalinin beraber olduğu görülmüştür (11). Bu anomalilere bağlı olarak ameliyat esnasında hastanın hemodinamisinin bozulmasına veya aşırı yüklenmeye bağlı olarak kardiyak sorunlar meydana gelebilmekte ve ameliyat esnasında ciddi problemlerle karşı karşıya kalılabileceği unutulmamalıdır.

Postoperatif Komplikasyonlar

Postoperatif dönemde sıklıkla mortaliteyi arttıran medikal ve sistemik problemlerin yanında uzun dönemde mekanik problemlerle de karşılaşılabilir.

Pulmoner Komplikasyon

Postoperatif dönemde ameliyat süresinin uzun olması, uzun süren immobilizasyon, kronik akciğer hastalığının varlığı yanında pulmoner emboli gibi problemler meydana gelebilmektedir. Bunu önlemede hızlı mobilizasyon ve gerekli medikasyonla risk azaltılmalıdır.

GİS Komplikasyonları

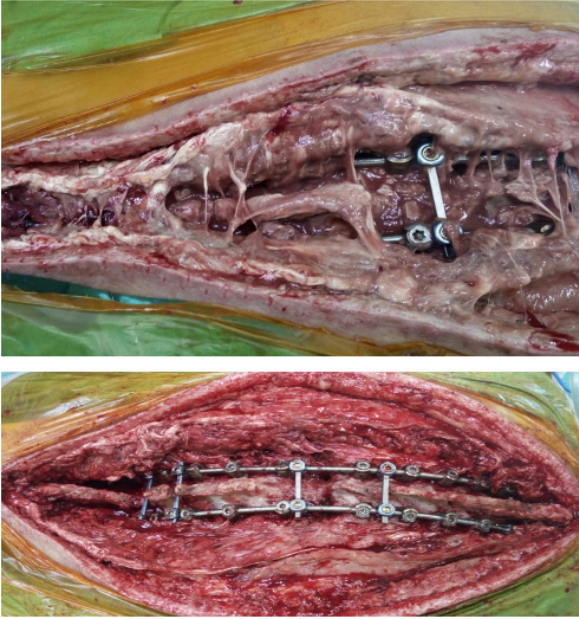
En sık görülen ve sıklıkla spontan gerileyen ileus (%7), disfaji (%7) ve gastroparazi (%1) gelmektedir (12). İleus sıklıkla deformitenin düzeltilmesi ile peritonun gerilmesi sonucu meydana gelmektedir. Bir diğer komplikasyon ise geliştiğinde mortal seyredabilen süperior mezenterik arter sendromudur. Torakolomber skolyozlu hastalarda ameliyat esnasında eğriliğin düzeltilmesi ile süperior mezenterik arter süperiora doğru yer değiştirebilir. Bu durum, arterin aort ile yaptığı açının daralmasına yol açar ve bunun sonucunda duodenumun üçüncü kısmının sıkışması ile bağırsakta iskemik meydana gelebilmektedir.

Enfeksiyon

Ameliyat sürelerinin uzunluğu, obezite, eski operasyon skar dokusu, aşırı kan kaybı, füzyon yapılan segment sayısının fazlalığı, yara kapamanın yetersizliği, revizyon cerrahisi, allogreft kullanımı ve hastanede yatış sürelerinin uzunluğu enfeksiyon riskini arttırmaktadır. Skolyoz

cerrahisi sonrası %9 ile %22 oranında enfeksiyon görülebilmekte, bunun %6,9'u yüzeysel enfeksiyon, %1,1- 14,7 arası derin enfeksiyon olarak karşımıza çıkabilmektedir (6,7,13). Yara yeri enfeksiyonlarına erken veya geç dönemde karşılaşılabilmektedir. Enfeksiyona neden olan patojen sıklıkla gram (-) olarak görülmekte daha az olarak gram (+) veya her ikisinin birlikte olduğu kombine mikroorganizmalar etken olabilmektedir (7). Erken dönemde enfeksiyon %4 oranında iken %1,2 oranında geç dönemde de enfeksiyon görülmektedir (13).

Enfeksiyonu önlemede antibiyotik profilaksisi uygulanmalıdır. Sıklıkla birinci kuşak sefalosporinler tercih edilirken idrar yolu enfeksiyon varlığında gram (-) etkili antibiyotiklerde kullanılmalıdır. Antibiyotik ameliyata başlamadan 20 dk önce verilmeli eğer vaka uzun sürerse 3 veya 4. saatte ikinci doz antibiyotik yapılmalıdır. Enfeksiyon varlığında yüzeysel enfeksiyonlarda gerileme meydana geldiyse antibiyotik 10 ile 14 gün kullanılmalıdır. Antibiyotik tedavisine rağmen 7 günde gerileme sağlanamadıysa debridman yapılmalı ve uygun antibiyotik başlanmalıdır (Şekil 2).



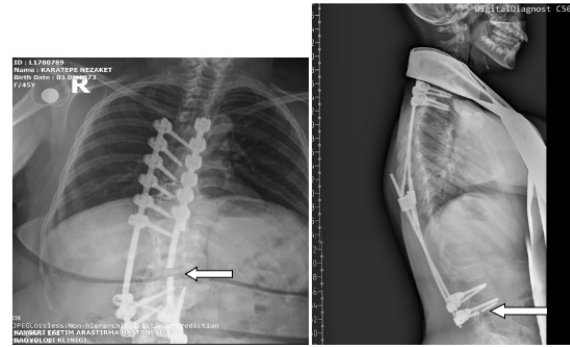
Şekil 2. Hastanın debridman öncesi ve sonrası görünümü Psödoartroz

Skolyoz cerrahisinden bir yıl sonra hala füzyon hattında kemik dokusunun gelişmemesidir. En önemli komplikasyonlardan biridir. %0 ile %2,2 oranında görülebilmektedir. Bu durum sıklıkla deformitenin tekrardan artışı veya implant yetmezliği şeklinde karşımıza çıkabilmektedir. Uygun implant kullanımı, füzyon hattının uygun olarak hazırlanması ve yeterli miktarda kemik greftinin kullanımının yanında

enfeksiyon gibi negatif faktörlerin engellenmesi ile risk azaltılabilmektedir.

İmplant Yetmezliği ve Kırılması

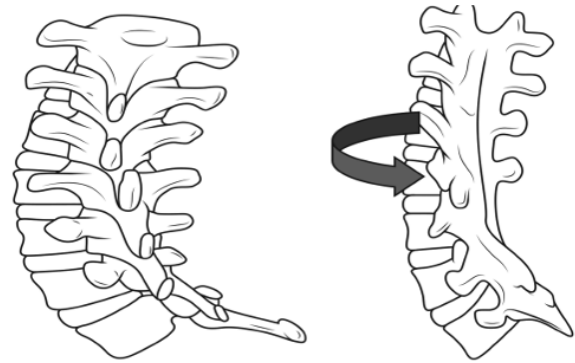
Nadirde olsa hem gevşeme hem de vida veya rod kırılması görülebilmektedir (Şekil 3). Bu durum daha çok uygun olmayan implant tercihlerinde görülmektedir. Çünkü deformitenin gücü vida veya rod üzerine aşırı bir kuvvet uygulayacağından dolayı kırılmalara veya gevşemelere yol açabilmektedir. Uygun implantın yetersiz olduğu durumlarda füzyon gerçekleşene kadar gerek ameliyatta sistemi güçlendiren kanca veya telleme yöntemleri ile güçlendirilmeli ve ameliyat sonrası korse kullanımı ile implant yükü azaltılmalıdır.



Şekil 3. Ameliyat sonrası rod ve vida kırılması

Krankşaft Fenomeni

Büyüme çağındaki çocuklarda deformitenin olduğu bölgede yapılan posterior artrodez sonrası, vertebranın anterior bölgesindeki büyümenin orantsız bir şekilde devam etmesi sonucu ortaya çıkan bir deformitedir. Cobb açısında 10 dereceden fazla eğriliğin olması ve apikal vertebrada 5 dereceden fazla rotasyon olması durumunda krankşaft fenomeni tanısı koydurur (Şekil 4).



Şekil 4. Omurganın posterior füzyon üzerinde rotasyona uğraması

Füzyon Dışı Deformite (Bileşke deformiteleri)

Füzyon hattındaki implantın proksimal veya distalinde meydana gelen deformitelere. Bu durum torakolomber bölge gibi geçiş bölgelerinde sonlandırılması veya stabil vertebranın yanlış seçilmesi sonucu meydana gelmektedir. Bunu önlemek için ameliyat öncesi stabil vertebraların doğru olarak belirlenmesi sorunu büyük ölçüde önleyecektir.

Anterior Vertebral Body Tethering Yöntemi

Adölesan idiyopatik skolyozu tedavi etmek için büyüme ve hareketi koruyan stratejiler, spinal füzyonu geciktirmek veya önlemek için eğri stabilizasyonu aranmaktadır. Anterior vertebral body tethering (AVBT), idiyopatik skolyoz için gelişmekte olan bir yaklaşımdır. AVBT, omurganın kontrollü büyümesi için kullanılan, 30° ile 65° arasında eğrileri olan, iskeleti olgunlaşmamış hastalar için yeni bir tedavidir. Hastanın büyümesi ile düzelme artışı olurken deformitenin 30° altında olması başarılı olarak değerlendirilmektedir. Bazı çalışmalarda %59-75 oranlarında başarı elde edildiği bildirilmiştir (13-15).

AVBT ile düzeltmeye yönelik dinamik yaklaşım göz önüne alındığında, başarılı bir sonuç elde etmek için intraoperatif olarak gerekli olan uygun miktarda ip kordonu gerdirilmelidir, ancak bunu tahmin etmek zordur. Çoğu seri, eğri düzeltmesinin çoğunluğunun ameliyat sırasında elde edildiğini ve devam eden spinal büyüme ile zaman içinde düzeltmede belirgin kazanımlar elde edildiğini göstermektedir (14-16). Bu çalışmalarda, düzelmenin %35 ile %60 oranında olabildiği, ancak zaman içinde ip gevşemesi veya kopması gibi durumlardan dolayı büyüme tamamlandıktan sonra bile deformitenin artabileceği görülebilmektedir (15-16). Bununla birlikte, aşırı düzeltme ve yetersiz düzeltme, revizyon cerrahisinin yaygın nedenleridir. Kordun intraoperatif gerilmesinin, uygun eğri düzeltmesini elde etmek için önemli noktalardan biri olduğu görülmüştür (15,16).

Teorik olarak AVBT, ideal bir alternatif tedavi, skolyozu düzelten, korse gerektirmeyen ve hareketi koruyan tedavi olmaktadır, ancak hala araştırma ve geliştirilmeye açık bir yöntemdir.

Nörolojik Yaralanmada Risk Faktörü

Nörolojik yaralanma skolyoz cerrahisinde en ciddi problemlerin başında gelmektedir. Konjenital ve nöromusküler skolyozda spinal kanal anomali riskinin yüksek olmasından dolayı MR çekilmesi önerilmektedir. Ancak idiyopatik skolyozda ameliyat öncesi MR çekilmesinin gerekliliği kesin olarak belli değildir. Bu konuda yapılan 20 çalışma ameli-

yat öncesi rutin MR çekilmesini savunurken 31 çalışma ise skolyoz başlangıç yaşı, atipik eğrilikler ve nörolojik eğrilikler gibi riskli hastalarda MR çekilmesini önermektedir (17). Bu risk faktörleri:

- Erkek cinsiyet
- Eğriliğin hızlı ve erken başlaması (10 yaş altı)
- Eğriliğin sola açılı olması
- Apikal kifoz ve kifozun 30° den fazla olması
- Anormal refleksler (derin tendon refleksi ve karın refleksi) ve Klonus
- Duyu anomalileri
- Kavus ayak deformitesi
- Üriner trakt anomalileri
- Motor fonksiyon bozukluğu

SONUÇ

Sonuç olarak, skolyoz tedavisi anestezi, pediatri, ortopedi ve fizik tedavi uzmanı tarafından değerlendirildiği, multidisipliner yaklaşılması gereken bir hastalıktır. Komplikasyonların önlenmesi için hastalarda gerek iç organ anomalilerinin gerekse spinal anomalilerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Ameliyat öncesi komorbidite varlığı ameliyat sonrası komplikasyonlarla doğrudan ilişkilidir. Komorbiditesi olan hastalarda özenli bir hazırlık yapılması (pulmoner ve kardiyak patolojiler açısından), ameliyat esnasında dikkatli monitörizasyon ve yakından gözlem yapılması, spinal kanal anomaliler açısından ameliyat öncesi tarama yapılması ve ameliyat esnasında nöromonitör cihazının kullanımı komplikasyonların azalmasına yardımcı olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Smith JS, Abel MF, Shaffrey CI, et al. Decision making in pediatric spinal deformity. *Neurosurgery*. 2008;63:54-68.
2. Chan G, Dormans JP. Update on congenital spinal deformities: preoperative evaluation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:1766-74.
3. Weiss HR, Goodall D. Rate of complications in scoliosis surgery—a systematic review of the Pub Med literature. *Scoliosis*. 2008;3: 1-18.
4. Reames DL, Smith JS, Fu KMG, Polly Jr DW, Ames CP, Berven S, et al. Complications in the surgical treatment of 19,360 cases of pediatric scoliosis: a review of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality database. *Spine*. 2011;36: 1484-91.
5. Tsirikos AI, Chang WN, Dabney KW, Miller F, Glutting J. Life expectancy in pediatric patients with cerebral palsy and neuromuscular scoliosis who underwent spinal fusion. *Developmental medicine and child neurology*. 2003; 45: 677-82.
6. Mohamad F, Parent S, Pawelek J, Marks M, Bastrom T, Faro F, et al. Perioperative complications after surgical correction in neuromuscular scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2007;27: 392-7.
7. Janjua MB, Tol B, Ghandi S, Sebert ME, Swift DM, Pahys JM,

et al. Risk factors for wound infections after deformity correction surgery in neuromuscular scoliosis. *Pediatric Neurosurgery*. 2019;54: 108-15.

8. Bradford DS, Heithoff KB, Cohen M. Intraspinial abnormalities and congenital spine deformities: a radiographic and MRI study. *Journal of pediatric orthopedics*. 1991; 11: 36-41.

9. Sevenscan A, Misir A, Üçpunar H, Balioglu, M, Gür V, Akinci S. The Incidence and Interrelationship of Concomitant Anomalies in Congenital Scoliosis. *Turkish neurosurgery*, 2019;29:404-8.

10. Arai, S, Ohtsuka, Y, Moriya, H, Kitahara, H, Minami, S. Scoliosis associated with syringomyelia. *Spine*. 1993; 18(12): 1591-1592.

11. Furdock, R, Brouillet, K, Luhmann, SJ. Organ system anomalies associated with congenital scoliosis: a retrospective study of 305 patients. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2019; 39(3):190-194.

12. Jalanko T, Helenius I, Pakarinen M, Koivusalo A. Gastrointestinal complications after surgical correction of neuromuscular scoliosis: a retrospective cohort study. *Scandinavian Journal of Surgery*. 2018;107: 252-9.

13. Charosky S, Guigui P, Blamoutier A, Roussouly P, Chopin D. Complications and risk factors of primary adult scoliosis surgery: a multicenter study of 306 patients. *Spine*. 2012; 37: 693-700.

14. Buyuk AF, Milbrandt T, Mathew S. Does preoperative and intraoperative imaging for anterior vertebral body tethering predict postoperative correction?. *Spine Deform*. 2021;9:743-50.

15. Newton PO, Kluck DG, Saito W, Yaszay B, Bartley CE, Bastrom TP. Anterior spinal growth tethering for skeletally immature patients with scoliosis: a retrospective look two to four years postoperatively. *J Bone Jt Surg Am*. 2018; 100:1691-7.

16. Hoernschemeyer DG, Boeyer ME, Robertson ME. Anterior vertebral body tethering for adolescent scoliosis with growth remaining: a retrospective review of 2- to 5-year postoperative results. *J Bone Jt Surg Am*. 2020; 102:1169-76.

17. Heemskerk, JL, Kruyt, MC, Colo, D, Castelein, RM, Kempen, DH. Prevalence and risk factors for neural axis anomalies in idiopathic scoliosis: a systematic review. *The Spine Journal*. 2018;18: 1261-71.