



Skolyoz Cerrahisinde Anestezi

Anaesthesia for Scoliosis Surgery

Yavuz Gürkan¹, Ahmet Eroğlu², Ebru Kelsaka³, Hüsnü Kürşad⁴, Aysun Yılmazlar⁵

¹Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, İzmit, Türkiye

²Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Trabzon, Türkiye

³Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye

⁴Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Erzurum, Türkiye

⁵Özel Medicabil Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Bölümü, Bursa, Türkiye

Skolyoz cerrahisinde gelişen tekniklerle birlikte bu cerrahinin anestezi ve analjezi tekniklerinde de önemli gelişmeler olmuştur. Bunların başında nöromüsküler bloker kullanmadan kısa etki süreli intravenöz anestetik infüzyonları eşliğinde nöromonitörizasyon gerçekleştirilerek erken cerrahi komplikasyonu saptamaktır. Bu nedenle güncel bilgiler ve uygulamalar ışığında konu ile ilgili bir derleme sunulmuştur.

Ahatar Kelimeler: Skolyoz, cerrahi, anestezi, monitörizasyon

Together with developments in techniques of scoliosis surgery, there have been significant developments in anaesthesia and analgesia techniques for this surgery. These are primarily due to the application of short-term infusions of intravenous anaesthetics without using neuromuscular blockers. These, in conjunction with neuromonitorisation, aids the determination of early surgical complications. Therefore, a collection is presented here related to this subject in the light of contemporary information and applications.

Key Words: Scoliosis, surgery, anaesthesia, monitoring

Tanım

S kolyoz omurganın lateral eğriliği ve rotasyonu ile birlikte görülen ve zaman içerisinde göğüs kafesinde anatomik malformasyona neden olan ciddi bir yapısal bozukluktur. Toplumda %4 oranında görülür. Kadınlarda erkeklerden 4 kat fazla görülür.

Terminoloji

Cobb açısı: Eğriliğin üst ucundaki omurganın üst kenarına yatay bir çizgi, alt uçtaki omurganın alt kenarına da ikinci bir yatay çizgi çekilir ve yatay çizgilerin her birinden çıkan dik çizgilerin kesişmesiyle oluşan açıdır. Omurgadaki eğrilik Cobb açısı ile ölçülür ve 10° den daha açılı olan eğrilikler skolyoz olarak kabul edilir.

Apikal omur: Eğriliğe en fazla rotasyonu bulunan, hastanın dikey aksından en fazla uzaklaşan omurgaya denir.

Majör eğrilik: En geniş Cobb açısına sahip, yapısal olan eğriliktir.

Minör eğrilik (kompansatuar eğrilik): Majör eğriliğin alt ve üstünde olan, ters istikametteki, yapısal olmayan, ya da daha az yapısal olan, dengeleyici eğriliklere minör eğrilik adı verilir. Zamanla minör eğrilikler yapısal olabilir.

Çift majör eğrilik: Eşit derecede yapısal olan iki eğriliğe çift majör eğrilik adı verilir. Skolyoz hastalarında omurgadaki bu bozukluğa kifoz ve aşırı derecede rotasyon da eşlik edebilir.

Kifoz: Omurganın sagittal planda, dorsale olan eğriliği olarak tanımlanır.

Rotasyon: Omurganın transvers plandan açılması olarak adlandırılır. Bu durumda patoloji kifoskolyoz veya rotaskolyoz olarak da adlandırılabilir.

Skolyoz tedavi edilmediğinde hızlı ilerler ve genellikle hayatın dördüncü veya beşinci on yılında pulmoner hipertansiyon, sağ kalp yetersizliği ve solunum yetersizliği nedeni ile ölümlerle sonuçlanabilir.

Türk Anesteziyoloji ve Reanimasyon Derneği Kongresi 2012, Kıbrıs'da panel olarak sunulmuştur.

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Aysun Yılmazlar, Mudanya Yolu Fethiye Mah. Küre Sok. No: 1 Nilüfer 16140 Bursa, Türkiye
Tel: +90 533 368 18 01 E-posta: ayyil@uludag.edu.tr

©Telif Hakkı 2013 Türk Anesteziyoloji ve Reanimasyon Derneği - Makale metnine www.jtaics.org web sayfasından ulaşılabilir.

©Copyright 2013 by Turkish Anaesthesiology and Intensive Care Society - Available online at www.jtaics.org

Geliş Tarihi / Received : 01.04.2013
Kabul Tarihi / Accepted : 08.04.2013

Tarihçe

İlk kez Hipokrat tarafından tanımlanmış, Galen tarafından ise omurga eğriliğinin tanımında kullanılmıştır. Bu tarihlerde skolyoz tedavisinde harici traksiyon cihazları, demir korseler kullanılırken, ilk cerrahi yaklaşım Jules Guerin tarafından miyotomiler şeklinde yapılmıştır (1). Cerrahi tedavideki en önemli gelişme, 1955'te pol-yomyelit sekeline bağlı omurga eğriliklerinde distraksiyon çubuklarının kullanılmasıdır. Bu uygulamayı takiben cerrahi yöntemlerde önemli gelişmeler yaşanmış olmasına rağmen, tedavide hala birden çok seviyede enstrümantasyon uygulanarak ve metal çubuklar kullanılarak omurga eğriliğinin düzeltilmesi hedeflenmiştir.

Cerrahi Yaklaşım

Genel olarak cerrahide koronal planda düzeltilmesi, fizyolojik sınırlarda sagittal kontür sağlanması ve rotasyonun düzeltilerek ön, orta ve arka elemanların aksiyal planda tek bir hat üzerinde dizilmesi amaçlanır. Cerrahi girişim genellikle posterior yaklaşımla gerçekleştirilirken, özellikle torakal seviyedeki bazı ameliyatlarda torakotomi ve anterior yaklaşım, bazen de kombine yaklaşımlar kullanılır.

Torakotomi içeren yaklaşımlarda tek akciğer ventilasyonu gerekebilir. Hem yandaş hastalıklar, hem de skolyozun neden olduğu kalp ve solunum değişiklikleri ve uygulanan karmaşık cerrahi nedeniyle skolyoz cerrahisi, anestezi için özellikli ve komplike bir uygulama olmuştur. Cerrahi endikasyon çoğu kez Cobb açısı 40-50°'yi aştığında konur (2). Bunun sebepleri: 1) 50° üstündeki eğrilikler iskelet sistemi olgunlaştıktan sonra da devam eder. 2) Eğrilik arttıkça solunum işlevleri bozulur ve solunum yetersizliği gelişir. 3) Eğrilik arttıkça cerrahi tedavi zorlaşır.

Etyoloji

Skolyoz %70 oranında idiopatik olmakla beraber pek çok farklı klinik nedene bağlı karşımıza çıkabilir (Tablo 1).

Preoperatif Değerlendirme

Omurga cerrahisi geçirecek hastalarda solunum, kardiyovasküler ve nörolojik sistemlerin detaylı bir şekilde değerlendirilmesi gerekir (Tablo 2). Havayolunun değerlendirilmesi özellikle üst torakal veya servikal omurga cerrahisi geçirecek hastalarda daha özelliklidir. Amerikan Anesteziistleri Derneği'nin (ASA) önerdiği genel havayolu değerlendirmesi dışında, özellikle boyun hareket kısıtlılığı ve servikal omurganın sabitliği sorgulanmalıdır. Zor havayolu hikayesi, glossal hipertrofiye sebep olan Duchenne tipi m. skolyoz distrofi gibi kalıtsal hastalıklar, geçirilmiş radyoterapi ve cerrahi anamnezi, doğrudan laringoskopide zorluk yaşanabileceğine işaret eder. Havayolu değerlendirmesinde entübasyonun uyanık ya da genel anestezi indüksiyonu sonrası olup olmayacağı planlanmalıdır. Pediatrik hastalarda zor entübasyon, çoğu kez sendromlara eşlik eder. Videolaringoskopi, fiberoptik entübasyon ve gerektiğinde ventilasyon aracı olarak LMA gibi supraglottik havayolu araçları, zor havayolu beklenen hastalarda önceden hazır bulundurulmalıdır. Skolyoz cerrahisi geçirecek hastalarda önemli kalp sorunları ve doğumsal patolojiler gözlenir. Bu sorunların ve ciddiyetinin tespitinde EKG ile birlikte ekokardiografi incelemesi de yapılmalıdır. Bir çalışmada bu hastalarda en sık rastlanan yapısal bozukluğun atriyum septum defekti, işlevsel bozukluğun ise trikuspid regürjitasyonu olduğu bildirilmiştir (3).

Monitörizasyon

Uzun sürmesi ve ciddi kanama problemlerinin yaşanabilme ihtimali olması skolyoz cerrahisi sırasında pek çok değişkenin monitörize

edilmesini gerektirir. Önerilen monitörizasyon yöntemleri Tablo 3'de verilmiştir. Her yöntem çok kıymetli bilgiler verir. Kan gazı incelemeleri hem kanama takibinde, hem asit baz dengesi başta olmak üzere pek çok önemli parametreyi aynı anda takip edilebilmesini sağlar.

Tablo 1. Skolyoz etiyojisi

İdyopatik (%70)
Erken başlayan (infantil)
Geç başlayan (juvenil/adolesan)
Kalıtsal skolyoz
Vertebra/spinal kord gelişim bozukluğu
Nöromusküler skolyoz (%15)
Nöropatik; serebral palsi, syringomyeli,
Miyopatik; m. skolyoz distrofi, nörofibromatozis,
Friedrich's Ataksia
Nörofibromatozis
Mezenkimal Bozukluklar
Romatoid artrit, Marfan sendromu, Osteogenezis imperfekta
Metabolik kemik hastalığı
Osteoporoz, Paget Hastalığı
Travma/Cerrahi
Kırık, radyoterapi, cerrahi
Enfeksiyon
Tüberküloz
Osteomyelit

Tablo 2. Preoperatif değerlendirme

Solunum
Akciğer kapasitesi ve vital kapasite azalmıştır.
V/Q uyumsuzluğu
Kardiyovasküler
Pulmoner damar direnci artmıştır
Kalıtsal kalp hastalığı ve mitral kapak regürjitasyonu
Nörolojik
Farklı preoperatif kusurlar
Kas-iskelet sistemi
M. skolyoz distrofiler
Solunum bozuklukları
Beslenme bozuklukları

Tablo 3. Skolyoz cerrahisinde monitörizasyon

Standart
EKG, NIBP, nabız oksimetresi, EtCO ₂ , sıcaklık
İnvazif
Radial arter kanülü
Santral ven kateterizasyonu
Mesane sondası
Nörofizyolojik monitörizasyon
Anestezi Derinliği
Omurilik işlevleri

Nöromonitörizasyondan güvenli ve tartışmasız sonuçlar alınabilmesi açısından BIS monitörü ile anestezi derinliğinin izlenmesi çok önemlidir. BIS monitörü uzayan cerrahide anestezi ihtiyacının daha doğru değerlendirilmesi ve eğer wake up testi uygulanacaksa anestezi derinliğinin daha iyi ve kolay belirlenmesine olanak sağlayacaktır.

Hipotermi uzayan skolyoz cerrahisinde önemli bir sorundur. Hipotermi girişimin süresi, kanama miktarı, verilen kan ve sıvıların miktar ve sıcaklıkları, ortamın sıcaklığı ve uygulanan ısıtma yöntemi (Sıvıların ısıtılması, sıcak hava battaniyeleri vb.) ile ilişkilidir.

Yüzüstü pozisyon, özellikle uzun süreli olduğu zaman hemodinamik, solunum ve yumuşak dokular üzerine etkileri nedeni ile çeşitli komplikasyonlara neden olabilir.

Solunum Sistemi

Eğriliğin ilerlemesiyle beraber, esas eğrilik alanında bulunan omur gövdeleri eğriliğin konveks tarafına doğru dönerken, spinöz çıkıntılar konkav tarafa doğru döner. Eğrinin konveks tarafında, kaburgaların arkaya doğru yer değiştirmesi göğüs boşluğunu daraltır. Konkav tarafta ise aynı rotasyon kaburgaları yana doğru iter. Göğüs kafesindeki bu bozulma, akciğer hacminde azalma ve fonksiyonunda kısıtlanmaya neden olur (4). Sonuçta, skolyozlu hastalarda karşılaştığımız klinik tablo restriktif akciğer hastalığıdır. Vital kapasite (VC), fonksiyonel rezidüel kapasite (FRC) ve total akciğer kapasitesi (TLC) düşüktür (5). Skolyoz, solunum kaslarını doğrudan etkilememesine rağmen, kasların işlevlerini (interkostal kaslar aşırı gerilebilir veya interkostal aralıktaki değişikliğe bağlı gerilmeleri yetersiz olabilir) ve etkinliklerini sınırlayabilir. Göğüs boşluğundaki bu bozulma göğüs duvarını etkiler, sonuçta akciğerler tamamen sağlıklı olsa bile soluma işi artar. Bu nedenle hastaların ameliyat öncesi değerlendirilmesinde beslenme durumlarının da göz ardı edilmemesi önemlidir (6).

Eğriliğin derecesi ve nöromüsküler hastalık, skolyozlu hastalarda soluma işlevlerini etkileyen iki asıl faktördür. Soluma işlevlerindeki belirgin değişiklikler idyopatik skolyozda 65 dereceden az eğriliği olanlarda nadirdir. Eğrilik arttıkça, rotasyon ilerler ve göğüs boşluğu daralır (7). Eğriliği sefalde olan, 8 ve daha fazla torakal vertebrayı içeren veya torakal hipokifoza olan çocuklarda orta ve ciddi pulmoner bozulma riski yüksektir (8).

Gaz değişimindeki anormallik, ventilasyon-perfüzyon dağılımının orantısız olmasına bağlıdır. Hem alveoler-arteriyel oksijen basıncı farkı ($P[A-a]O_2$) hem de ölü boşluk/tidal volüm oranı (VD/VT) artmaktadır. Arter kan gazında karbondioksit parsiyel basıncının ($PaCO_2$) normal olmasına karşın arter oksijen parsiyel basıncında (PaO_2) düşme gözlenir. Ventilasyon/perfüzyon uyumsuzluğunun artması soluma gereksinimini artırır (4). Pulmoner damar direnci artışına bağlı pulmoner hipertansiyon da tabloya eklenebilir (5, 9).

Nöromüsküler Skolyoz

Nöromüsküler hastalığın eşlik ettiği skolyozda, omurga şekil bozukluğu, solunumun santral kontrolündeki ve solunum kaslarının motor nöronlarının inervasyonundaki bozukluklar ve motor fonksiyon kaybı nedenleri ile solunum sistemi işlevleri bozulur. Öksürük gibi koruma mekanizmalarının bozulması ile solunum sistemi enfeksiyonları tabloya eklenebilir. İspirasyon kas gücünün kaybı sonucunda vital kapasite azalır.

Morris (10) 1997 yılında yaptıkları bir yayında, 20 yılda toplam 250 Duchenne tipi müsküler distrofi hastasında skolyoz cerrahisi uyguladıklarını ve hiçbir hastada postoperatif komplikasyon görmediklerini

bildirmişlerdir. Bu yazıda ameliyat öncesi FVC değeri %25'ten, ekleksiyon fraksiyonu (EF) %50'den ve zirve ekspirasyon akım hızı (PEFR) %30'dan aşağı olan hastalarda cerrahi uygulamadıkları da bildirilmiştir. Bir başka çalışmada nonidyopatik skolyozu olan toplam 42 pediatrik hasta incelendiğinde; 19 hastada ameliyat sonrası solunum desteği gerekirken, 32 hastada gerekmediğini bildirilmiştir (11). Bu hastaların 3'ünde preoperatif FVC değerinin <%30 olduğunu, postoperatif noninvasif pozitif basınçlı ventilasyon (NIPPV) uyguladıklarını ve endotrakeal entübasyona ihtiyaç olmadığı bildirilmiştir.

Noninvasif pozitif basınçlı ventilasyon skolyozda kullanıldığında; hastanede kalış süresinin kıaldığı, kan gazlarının iyileştiği, yaşam kalitesinin arttığı gösterilmiştir. Hastaların %80'inde NIPPV başladıktan sonra 5 yıllık yaşam süreleri bildirilmiştir (12). Hastaların NIPPV'ye özellikle gece ihtiyacı olur. Bu uygulamaya karar verirken, öncelikle ameliyat öncesi nokturnal hipovekilasyon sorgulanmalıdır. Eğer hastada sabah bifrontal baş ağrısı, gece sık uyanma, uykuda anormal solunum şekli, gündüz uyuklama hali varsa, gece oksimetre monitörizasyonu yapılmalıdır. İlerleyici nöromüsküler hastalığı olanlarda SaO_2 <%88 ve gündüz $PaCO_2$ >45 mmHg ise NIPPV uygulanabilir. Postoperatif gerekli olacağı düşünülen vakalarda da ameliyat öncesi dönemde NIPPV kullanımına başlanabilir.

Postoperatif dönemde destek tedavisinde öksürük destekleyici cihazlar ile yüksek frekanslı göğüs duvarı osilasyonu kullanılabilir (13). İdyopatik skolyozda uzun dönem etkinliği ile ilgili bilgiler eksiktir ama ciddi nöromüsküler skolyozlu olgularda etkili olduğu bilinmektedir.

Kanama Kontrolü

Skolyoz cerrahisinde pek çok anestezide göre en önemli sorun ciddi kan kaybı, büyük miktarda kan transfüzyonu ve bununla beraber ortaya çıkan komplikasyonlardır. Çeşitli nedenlerle hipovolemi, hipotermi ve metabolik asidoz üçlemesinin gelişmesi mortalite ile de sonuçlanabilecek ciddi bir durumdur. Omurga cerrahisinde kanamayı arttıran en önemli etkenler füzyon yapılan omur sayısı, tümör cerrahisi, cerrahi yöntem, osteotomi ve artmış intraabdominal basınçtır.

Ameliyat sırasında kanamayı azaltmak amacıyla çeşitli stratejiler kullanılabilir. Antifibrinolitik ajanlar içerisinde yan etkiler açısından en güvenilir ajan traneksamik asit olarak görülmektedir. Traneksamik asit kan kaybında anlamlı miktarda azalmaya neden olur. Ancak kanamadaki azalma her hasta veya cerrahi girişimde değişken olabilir. İki farklı doz rejimi vardır:

Yüksek doz rejimi: Genel anestezi uygulamasının ilk 15-30 dakasında 100 mg kg^{-1} iv olarak uygulanır. İnfüzyon 10 mg $kg^{-1} sr^{-1}$ hızında devam ettirilir.

Düşük doz rejimi: Traneksamik asit, indüksiyonu takiben 10 mg kg^{-1} bolus ve 1 mg $kg^{-1} sr^{-1}$ hızında infüzyon şeklinde uygulanır (14, 15).

Ameliyat sırasında "cell-saver" kullanımı özellikle 6 saat ve üzerinde süren ve/veya kanamanın kan hacminin %30'unu geçtiği durumlarda gereklidir (16).

Ayrıca kanamayı azaltmak için; doğru hasta pozisyonu (karın serbest, bacaklar hafif aşağıda), dikkatli cerrahi teknik, kontrollü hipotansiyon, preoperatif otolog kan donasyonu, akut normovolemik hemodilüzyon, preoperatif eritropoetin kullanımı tercih edilebilir.

Anestezi Yöntemi

Çok farklı ilaç ya da yöntemler kullanılarak anestezi uygulaması gerçekleştirilebilir. Hastanın genel durumu, yandaş hastalıkları ve

cerrahinin özellikleri dikkate alınarak anestezi yöntemi (inhalasyon/total intravenöz anestezi (TIVA)/rejyonal yöntemler) seçilebilir (17, 18). Cerrahi sırasında nöromonitörizasyon uygulaması anestezi yöntemi açısından belirleyici olabilir. İnhalasyon anestetikleri genellikle tercih edilmez (19).

Nöromonitörizasyon

Cerrahi ve anestezi uygulamasındaki optimal şartlara rağmen skolyoz ameliyatlarında cerrahi enstrümantasyon sırasında nörolojik hasar meydana gelebilmektedir. Olası nörolojik hasarı ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için intraoperatif nörolojik monitörizasyon gereklidir. İntraoperatif nörolojik monitörizasyonun esas amacı oluşan problemi mümkün olduğu kadar erken yakalamak ve derhal müdahale etmektir. Rijit spinal cerrahi implantların kullanıma girmesi cerrahlara karmaşık omurga yapı bozukluklarını düzeltme olanağı vermiştir. Bununla birlikte, spinal deformitelere aşırı düzeltici güçler uygulanması alt ekstremitelerde motor fonksiyon kaybı dahil çok sayıda nörolojik hasara yol açabilmektedir. Diab ve ark. (20) adolesan idiopatik skolyoz tanısıyla ameliyat olan 1301 olguyu gözden geçirdikleri çalışmada, nörolojik komplikasyon oranını %0,69 olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada kifozu, kalıtsal skolyozu, önceden nörolojik bozukluğu olan veya girişim öncesinde traksiyonda olan olgularda komplikasyon oranının daha yüksek olduğu da bildirilmiştir.

İlk olarak 1973'de Vauzelle ve ark. (21) skolyoz cerrahisinde nörolojik monitörizasyon için wake up testi'ni tanımlamıştır. 1980'li yıllarda Somatosensoryel Uyarılmış Potansiyel (Somatosensory Evoked Potentials, SSEP, SEP) uygulamaları yapılmıştır. Skolyoz Araştırma Derneği (The Scoliosis Research Society, SRS) 1992 yılında skolyoz cerrahisinde SSEP uygulamasının standart olduğunu yayımlamıştır (22). Daha sonra da Motor Uyarılmış Potansiyeller (Motor Evoked Potentials, MEP) kullanımı yaygınlaşmıştır. Elektromiyografi (EMG) de bu amaçla kullanılmaktadır.

Wake Up Testi (İntraoperatif Uyandırma Testi)

Skolyoz cerrahisi sırasında omurilik işlevlerinin intraoperatif monitörizasyonu için yaygın olarak kullanılan ilk yöntem 1973 yılında bildirilen wake up testidir (21). Altın standart olarak kabul edilmiştir. Wake up testi hastanın intraoperatif dönemde spinal enstrümantasyon yapıldıktan sonra kısa sürede uyandırılarak motor fonksiyonlarının değerlendirilmesi esasına dayanır. Hastanın intraoperatif dönemde kısa sürede uyandırılabilmesi için anestezi indüksiyon ve idamesinde propofol gibi kısa etkili iv anestetik ajanlar, remifentanil gibi kısa etkili opioidler, sevofluran ve desfluran gibi inhalasyon ajanları da kullanılabilir (22-31). Hastanın anestezi onamı alındıktan sonra preoperatif dönemde hastaya işlem anlatılır ve prova yapılır. Klinik gözlemlere göre wake up testinin girişimden önce prova edilmesi, testin hızını ve başarısını arttırmaktadır (26-28). Test esnasında anestezi derinliği azaltılarak hastaların spontan solunumu getirilir. Sözlü komutlarla gözlerini açması, ellerini ve ayaklarını hareket ettirmesi istenir. Ayaklarda hareketin varlığı omurilikte motor hasar olmadığını gösterir. Hareket görüldükten sonra anestezi yeniden indüklenir. Eğer wake up testi sırasında nörolojik defisit varlığı anlaşılırsa cerrah düzeltici kuvveti azaltılabilir ve böylece kalıcı nörolojik hasardan kaçınılmış olur. Spinal enstrümantasyonun kaldırılması, yerinin değiştirilmesi veya modifikasyonu nörolojik defisitini başlangıcından sonra ne kadar çabuk yapılırsa kalıcı nörolojik sekel riski o kadar azalabilir. Kontrol için daha sonra tekrar wake up testi yapılabilir.

Hastanın kısa sürede uyandırılması ve nörolojik kontrolün yapılması için wake up test süreleri üzerinde çok durulmuştur. Büyükyıldız ve

ark. (32) skolyoz cerrahisinde halotan+N₂O+morfin anestezi yöntemiyle wake up testine yanıt süresinin 30 dakikaya kadar uzadığı bildirilmiştir. Arkan ve ark. (24) propofol+fentanil+N₂O anestezi yöntemiyle wake up test sırasında herhangi bir ön hazırlık olmadan propofol ve N₂O'nin kesilmesinden sonra test süresinin 7,8 dakika olduğunu bildirmiştir. Gökel ve ark. (25) ise propofol+fentanil ile propofol+alfentanil anestezi süresinde wake up test sürelerini karşılaştırdıkları çalışmalarında propofol+alfentanil grubunda test süresini (7,0 dak) propofol+fentanil grubundan (7,6 dak) biraz daha kısa bulmuşlardır. Eroglu ve ark. (26) omurga cerrahisinde propofol ve fentanil ile uygulanan TIVA yönteminde wake up test süresini 5,3±1,9 dak olarak bildirmişlerdir. TIVA yönteminde wake up'a kadar giderek azalan infüzyon hızlarında propofol kullanılarak alfentanil ve remifentanilin karşılaştırıldığı bir çalışmada da wake up süreleri 5,8±0,91 dakika ve 5,5±0,68 dakika olarak bulunmuştur (33). Wake up test süresinde kullanılan anestetik ajanlar ve anestezi yöntemi etkin bir belirleyicidir. TIVA yönteminde daha kısa wake up süreleri bildirilmekle birlikte sevofluran ve desfluranın kullanıldığı inhalasyon anestezi yöntemleriyle de kısa süreler kaydedilmiştir (28, 34, 35).

Wake up testi sırasında anestezi derinliğinin de takip edilmesi gerekir. Bu amaçla kullanılan BIS monitörizasyonunun skolyoz cerrahisinde yararlı olduğu belirtilmiştir (36). Tablo 4'te wake up testi uygulaması için örnek bir anestezi protokolü sunulmuştur.

Ancak wake up testi iyi iletişim kurulamayan hastalarda, sağırda ve mental retardelerde başarısızdır. Test esnasında emosyonel strese yol açabilmesi, cerrahi sonrası psikolojik problemler, etik sorunlar, aşırı hareket sonucu istenmeyen ekstübasyon veya spinal aletlerin yerinden oynaması gibi riskleri de vardır. Ayrıca wake up testi sırasında istikrarlı bir hemodinami sağlanmasına rağmen epinefrin ve norepinefrin düzeylerinin indüksiyon öncesi değerlere göre anlamlı bir şekilde arttığı bildirilmiştir (28).

Bu nedenle pek çok merkezde wake up testi terkedilmiş olup, günümüzde somatosensoryel ve motor uyarılmış potansiyeller kullanılmaktadır (Resim 1-3). Bu uygulama için örnek bir anestezi protokolü Tablo 5'te sunulmuştur.

Somatosensoryel Uyarılmış Potansiyeller (Somatosensory Evoked Potentials, SSEP, SEP)

Nörofizyolojik omurilik monitörizasyon tekniklerinden biri olan somatosensoryel uyarılmış potansiyeller (SSEP, SEP) arka omurilik işlevlerini monitörize eder. Elektriksel uyarıya verilen nöron yanıtları çeşitli sinir yolları boyunca kaydedilir. Alt veya üst ekstremitede bir periferik sinirin uyarılmasıyla omurilik arka kısmındaki duyu yolları ve periferik sinirlerin durumu hakkında bilgi verir. Bu potansiyeller skalp, epidural veya intratekal aralıktan da kaydedilebilir. Uyarı için en çok kullanılan sinirler üst ekstremitede, median ve ulnar, alt ekstremitede posterior tibial ve peroneal sinirlerdir. SSEP'ler genellikle el bileğinde median (akım 15-25 mA), ayak bileğinde medial malleolde, posterior tibial sinirlerin (akım 25-35 mA, süre 10 µs² ms) uyarılmasıyla ortaya çıkan elektriksel potansiyeller olarak elde edilirler (Şekil 1). Her bir dalganın amplitüdü ve latens süresi kaydedilir. SSEP omuriliğin duysal bütünlüğü konusunda sürekli monitörizasyonu olanağı sağlar. Spinal manipülasyon öncesi dönemdeki kayıtlar intraoperatif kayıtlarla karşılaştırılır ve anormallikler tespit edilmeye çalışılır. Amplitüdde %50 azalma ve/veya latens sürede %10'dan fazla uzama, alarm veren anlamlı değerler olarak kabul edilmektedir. Araştırmalar, SSEP'lerde belirgin değişiklikler olmasının nörolojik kusur gelişme olasılığını artırdığını, değişiklik olmasının ise defisit olasılığını düşürdüğünü göstermiştir (37, 38). Ay-

Tablo 4. "Wake-up" testi uygulanacak ameliyatlarda anestezi yöntemi

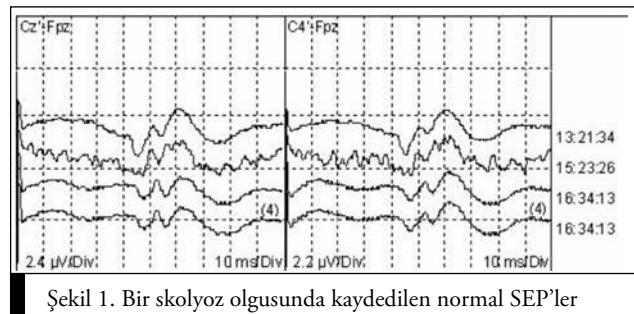
Premedikasyon Hazırlık	<p>Meperidin 50-75 mg İM veya Midazolam 5-10 mg İM</p> <ul style="list-style-type: none"> • 16G veya 14G kateter ile periferik damar yolu açılır. • EKG monitörizasyonu, noninvasif kan basıncı ve SVB monitörizasyonu hazırlıkları yapılır. • "Wake-up" testi uygulanacaksa, hasta test konusunda bilgilendirilir. • 5Ü eritrosit, 2Ü taze donmuş plazma hazır olmalıdır. • Zor entübasyon şüphesi varsa zor hava yoluna yönelik hazırlık yapılır.
Monitörizasyon:	<ul style="list-style-type: none"> • Radial arterden invazif kan basıncı ve arter kan gazları monitörizasyonu yapılır. • 16 G ile iki periferik damar yolu açılır. • Nazogastrik sonda yerleştirilir. • Santral ven kateteri yerleştirilir (öncelikle brakial veya subklavia veni tercih edilir, olmazsa sağ v. jugularis yoluyla üç lümenli kateter yerleştirilir). • Mesane sondası yerleştirilir.
Diğer Monitörizasyon Çeşitleri	<ul style="list-style-type: none"> • EtCO₂, SpO₂ Prekardiyal doppler ve özofagus stetoskopu • Solunum yetersizliği varsa, tipine göre ventilatör parametreleri ayarlanır. • Sıcaklık monitörizasyonu ve ısıtıcı su/hava battaniyesi • Pozisyon önlemleri alınır. • Nöromüsküler blok monitörizasyonu yapılır. • SSEP, MEP (özel donanım gerekir). • Sıvı ve kan kaybı izlenmeli, gerekirse "cell-saver" kullanılmalıdır. • "Wake-up" testi yapılır
"WAKE-UP" Testi	<ul style="list-style-type: none"> • Anestezi induksiyonu öncesi hasta test konusunda bilgilendirilmeli ve testin bir provası yapılmalıdır. Test zamanı yaklaştıkça nöromüsküler blokerin dozları giderek azaltılmış olmalı, teste yakın ilaç uygulanmamalıdır. Cerrah teste hazır olduğunu ifade ettiğinde tüm anestetikler durdurulur. N₂O kapatılır. Analjezik infüzyonu eşliğinde %100 O₂ ile manuel ventilasyona geçilir. Midazolam infüzyonu kullanılmışsa, infüzyon durdurulur ve 0,2 mg flumazenil iv uygulanır. Her 30 saniyede bir hastanın isimle seslenerek, ellerini hareket ettirmesi istenir. Ellerini hareket ettirdikten sonra ayaklarını hareket ettirmesi istenir. Eğer midazolam infüzyonu yapıyorsa; "wake-up" istendiğinde midazolam infüzyonu durdurulmalı, N₂O kapatılmalı, %100 O₂ ve alfentanil infüzyonu devam etmelidir. Midazolam antagonisti flumazenil (Anexate 0,1 mg/cc) iv 1 cc yapıp 5 dakika beklenir. Yanıt alınamazsa 1 cc daha yapılır. Yanıt alınacaktır. Emirlere yanıt alınıp, cerrah testi yeterli bulduğunda anestetik ve nöromüsküler bloker ajanların bolus dozları yapılır, N₂O ve kullanılıyorsa inhalasyon ajanı açılır, anestezi idamesi sağlanır (1, 2).
Çeşitli Protokoller:	
İndüksiyon	<ul style="list-style-type: none"> • Alfentanil 35 µg kg⁻¹ iv, Propofol 3 mg kg⁻¹ iv, Vekuryum 0,1 mg kg⁻¹ iv • Alfentanil 35 µg kg⁻¹ iv, Midazolam 0,3 mg kg⁻¹ iv, Vekuryum 0,1 mg kg⁻¹ iv • Midazolam 0,3 mg kg⁻¹ iv, Mivakuryum 0,2 mg kg⁻¹ iv, Remifentanil 1 µg kg⁻¹ iv • Midazolam ve mivakuryum infüzyon dozları sabit tutulabilir veya cerrahi evrelere göre "wake-up" testi yapılana kadar giderek azalan doz idamesi yapılabilir.

rica intraoperatif dönemde, enstrümantasyon sırasında SSEP'lerde anlamlı değişiklik görüldüğünde enstrümantasyonun derhal kaldırılmasıyla SSEP'lerin başlangıç değerlerine döndüğü bildirilmiştir. Jones ve ark. (39) 138 hastayı kapsayan bir seride, 3 hastada cerrahi traksiyon sırasında uyarılmış yanıtlarda azalma görüldüğünü ve cerrahi girişimin düzeltilmesiyle yanıtların da düzeldiğini kaydetmiştir.

Skolyoz cerrahisi sırasında, posterior füzyon operasyonlarında genellikle omurilik gerildiğinde, radiküler kan akımı bozulduğundan geçici nörolojik defisitten, paraplejiye kadar giden nörolojik hasar gelişebilir. Cerrahi sahadaki travma, bası, iskemi ve hipotermi SSEP'leri bozabilir (40, 41). Ayrıca SSEP'ler anestezi derinliğinden ve başka sistemik nedenlerden de etkilenir. Halojenli inhalasyon anestetikleri, azot protoksit, hipotansiyon, hipotermi, hipoksemi, anemi ve teknik nedenler yeterli düzeyde sinyal alınmasını bozabilir (41, 42). Anemi ve hipotansiyonun düzeltilmesiyle normal sinyal değerlerine döndüğü olgular bildirilmiştir (41). Propofolun SSEP sinyallerini izoflurandan daha iyi koruduğu, sevofluranın da propofolden SSEP sinyalleri üzerinde daha hızlı depresyon ve daha hızlı derlenme sağladığı skolyoz cerrahilerinde bildirilmiştir (43, 44).

Somatosensoryal evoked patansiyel (SSEP)'ler intraoperatif monitörizasyon değerlendirirken negatiflik ve pozitiflik gibi terimler kullanılır. Negatiflik ile SSEP'lerde bozulma olmaması, pozitiflik ile ise SSEP'lerde bozulma olması anlaşılır. Buna göre doğru negatiflik SSEP'lerin intraoperatif değişmemesi ve postoperatif nörolojik bozukluk olmaması demektir. Doğru pozitiflik SSEP'lerin intraoperatif bozulması ve postoperatif nörolojik kusur görülmesi demektir. SSEP monitörizasyonu kalıcı nörolojik hasar riskini azaltmasına rağmen, bununla belirlenemeyen ancak, uyandıklarında nörolojik hasarlı olduğu görülen olgular yayımlanmıştır (45, 46). İntraoperatif dönemde SSEP monitörizasyonu normal ama postoperatif dönemde nörolojik kusur olması yanlış negatif olarak tanımlanmıştır. SSEP monitörizasyonunda intraoperatif dönemde sinyalde %50'den fazla azalma olmasına rağmen postoperatif dönemde nörolojik kusur görülmemesi de yanlış pozitif olarak tanımlanmıştır (47). Bu uygulama sırasında cerrahi alan dışındaki bir sinirin de monitörize edilmesi gerekir. Böylece amplitüde azalma veya latens süresinde uzama görüldüğünde bunun nedeninin cerrahiye mi yoksa başka bir sistemik nedene mi bağlı olduğunu anlamak mümkün olabilir. Eğer hem cerrahi alandaki sinirden hem de cerrahi alan dışındaki sinirden alınan uyarılmış yanıtlarda sorun varsa bunun nedeninin sistemik kökenli olduğu söylenebilir. Sadece cerrahi alandaki sinirden alınan uyarılmış yanıtlarda bozulma varsa, örneğin skolyoz ameliyatı sırasında posterior tibial sinirden alınan uyarılmış yanıtlarda bozulma varken median sinirden alınanlarda yok ise, olayın nedeni cerrahiye bağlıdır ve derhal müdahale gereklidir.

Skolyoz Araştırma Derneği ve Avrupa Spinal Deformite Derneği (the European Spinal Deformity Society) 1991 yılında, üyelerinin spinal cerrahide intraoperatif monitörizasyonda SSEP'leri kullanmasını araştırmışlardır. Farklı cerrahi girişimler uygulanan 60366



Şekil 1. Bir skolyoz olgusunda kaydedilen normal SEP'ler

olguyu kapsayan bu retrospektif analizde 364 olguda postoperatif nörolojik kusur bulunmuş ve bunların 263'ü SSEP ile belirlenmiş (gerçek pozitif), 101 olgu ise SSEP ile belirlenememiştir (yanlış negatif). Çalışmanın ikinci aşamasında 33000 heterojen spinal girişimin analizinde 248 yanlış pozitif, 161 doğru pozitif ve 25 yanlış negatif olgu saptanmıştır. Araştırmacılar bu çalışmada SSEP'in spinal cerrahlar için yararlı bir ek donanım olduğu ve postoperatif nörolojik kusur riski artmış olgular için wake up testin de düşünülmesi gerektiği sonucuna varmışlardır (48).

Motor Uyarılmış Potansiyeller (Motor Evoked Potentials (MEP))

Motor uyarılmış potansiyeller (MEP) omuriliğin ön kısmı hakkında bilgi verirler. Manyetik ya da elektriksel uyarı, motor korteks, spinal kord veya periferik sinire uygulanabilir. Genellikle, yeterli motor korteks aktivasyonu için 150-400 mV elektriksel uyarı gereklidir. Motor uyarılmış yanıtlar omurilikten veya hedef kaslardan kaydedilebilir. En sık kullanım şekli omurilikten elektriksel uyarıyla kas grubundan miyojenik potansiyel kaydedilmesidir. MEP monitörizasyonunda yanıtın kaybolması tamamen veya amplitüdün başlangıç değerine göre %80'den fazla azalması anlamlı olarak yorumlanır (Şekil 2). Transkraniyal motor uyarılmış yanıtların kullanıma girmesi skolyoz ameliyatlarında, intraoperatif dönemde gelişmekte olan motor kusurun saptanması için omurilikteki motor yolların doğrudan değerlendirilmesini kolaylaştırmıştır (49, 50).

Skolyoz ameliyatlarında cerrahiye bağlı olarak MEP'lerde bozulma yapabilen nedenler arasında omuriliğin yapısal hasarı, akut spinal gerilme, sinire baskı, omurilik iskemi, izovolemik hemodilüsyon, kontrollü hipotansiyon, kan kaybı ve anemi bildirilmiştir (41). Motor uyarılmış yanıtların nöromüsküler blokerler, inhalasyon anestetikleri ve azot protoksit ile baskılandığı, TIVA yönteminden ise etkilenmediği kaydedilmiştir (51-53). Skolyoz cerrahisi sırasında desfluranın, propofolle yapılan TIVA yöntemiyle karşılaştırıldığı bir çalışmada MEP sinyallerinin her iki yöntemde de yeterli olduğu bildirilmiştir (54).

Skolyoz ameliyatlarında kullanılan wake up test, SSEP ve MEP gibi intraoperatif nörolojik monitörizasyon yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları Tablo 6'da gösterilmiştir. Mendiratta ve ark. (55) skolyoz cerrahisinde optimal nörofizyolojik monitörizasyonun SSEP ile MEP'in birlikte kullanılması olduğunu bildirmişlerdir. Çünkü SSEP ve MEP'ler farklı sinir yollarının değerlendirilmesini sağlar ve ikisi birlikte omurilik işlevleri hakkında daha eksiksiz bilgi verirler. Skolyoz cerrahisinde sadece wake up testin nörolojik monitörizasyon olarak kullanıldığı bir olguda girişim sırasında ve sonunda wake up test normal olarak değerlendirilmesine rağmen ameliyattan 12 saat sonra alt ekstremitelerde motor kusur geliştiği ve nedeninin gerilmeyle bağlı iskemi olabileceği bildirilmiştir (56). Skolyoz ameliyatlarında intraoperatif nörolojik monitörizasyonda SSEP'lerin motor yolları göstermemesi ve yanlış negatif sonuçlardan dolayı SSEP ve MEP'in birlikte kullanılması pek çok çalışmada önerilmektedir (57, 58). Duyu ve motor uyarılmış yanıtlarının spinal cerrahide birlikte monitörize edilmesinin yanlış negatif sonuç oranını azalttığı ve nörolojik komplikasyonları önlediği belirtilmiştir (59, 60). Skolyoz Araştırmaları Derneği 2009 yılında, cerrahi girişim sırasında gelişebilecek omurilik hasarının erken saptanması için nörofizyolojik monitörizasyonun tercih edilmesi gereken bir yöntem olduğunu önermektedir; wake up testin de bu nörolojik kusurların saptanmasında nörofizyolojik yöntemlere yardımcı olmada yararlı olduğunu bildirmektedir (61).

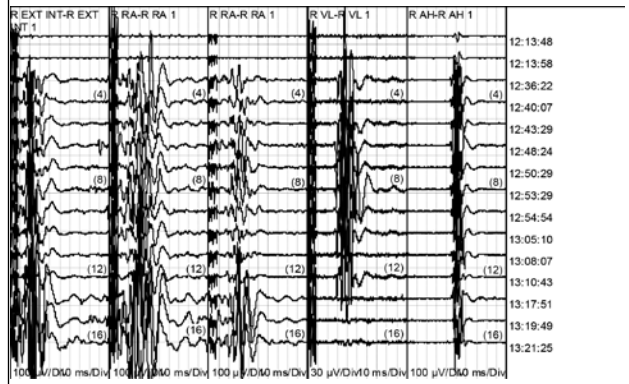
Ülkemizde Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) Sağlık Uygulama Tebliğinde MEP monitörizasyonu 703,350 kodu ile 100 puan, SEP monitörizasyonu ise 703,360 kodu ile 100 puan olarak belirtilmiştir, ancak wake up testi için bir kodlama ve puanlama yoktur.

Tablo 5. Nöromonitörizasyon yapılacak ameliyatlarda anestezi

Premedikasyon ve monitörizasyon aynıdır. İndüksiyon sonrası hasta nöromonitörizasyon işlemi için teslim edilir. Pron pozisyon verildikten sonra ki nöromonitörizasyon işlemleri de yapıldıktan sonra nöromonitörizasyonda hastanın başlangıç amplitüd ölçümleri alınır. Bu safhada indüksiyonda yapılmış olan rokuronyumun etkisi sona erer, başlangıç amplitüdlarının alınması için bir engel oluşturmaz. İndüksiyon sonrası hemen propofol ve remifentanil infüzyonlarının başlanmasına ve operasyonun sonuna kadar nöromüsküler bloker kullanılmamasına dikkat edilmelidir. Rokuronyumun etki süresi 20 dakika olduğundan bu amaçla kullanılması uygundur. Dolayısıyla nöromonitörizasyon amplitüdlarını operasyonun ne başlangıç ne de idamesinde etkilemeyecektir.	
İndüksiyon	Propofol 2 mg kg ⁻¹ iv Rokuronyum 0,5 mg kg ⁻¹ iv Remifentanil 1 µg kg ⁻¹ iv
İdame	İdamede rokuronyum kesinlikle kullanılmaz. Propofol ve remifentanil önerilen infüzyon dozları indüksiyondan hemen sonra başlanır ve idamesi sağlanır.

Tablo 6. Skolyozda nörolojik monitörizasyon yöntemlerinin karşılaştırılması

Yöntem	Avantajları	Dezavantajları
Wake-up test	Pahalı teknoloji gerektirmez Motor fonksiyonu gösterir	Yapıldığı anda bilgi verir Kooperasyon gereklidir
SSEP	Duyusal yolları gösterir Sürekli dir	Yanlış negatif sonuçlar Motor fonksiyonu göstermez
MEP	Motor fonksiyonu değerlendirir Akımlı artırma seçeneği sunar	Sürekli değildir Kas kontraksiyonları



Şekil 2. Bir skolyoz olgusunda kaydedilen normal MEP'ler

Elektromiyografi (EMG)

Elektromiyografi (EMG) belirli bir kasın içindeki elektriksel aktivitenin ölçümüdür. Spontan EMG veya uyarılmış EMG olarak skolyoz cerrahisinde pedikül vida yerleştirilmesi sırasında oluşabilecek sinir kökü hasarını monitörize etmek için kullanılabilir. Pedikül vidanın yanlış yerleşimi fiksasyon kaybına, sinir hasarına ve ağrı sendromuna yol açabilir. İntraoperatif uyarılmış EMG monitörizasyonu pedikül vidaların tam ve doğru yerleştirilmesinde basit, güvenli ve etkili bir teknik olduğu bildirilmiştir (62).

Sonuç olarak, skolyoz ameliyatları sırasında intraoperatif nörofizyolojik monitörizasyon komplikasyonların erkenden belirlenmesinde



Resim 1. Nöromonitörize edilen hasta



Resim 2. Nöromonitörize edilen pron hasta



Resim 3. Nöromonitörizasyon

ve olası postoperatif nörolojik kusurun önlenmesinde yardımcı olmaktadır. SSEP'in sürekli bir monitörizasyon yöntemi olması ve sadece duyuşsal bilgi vermesi, motor yollar ile ilgili bilgi veren MEP ile birlikte kullanılmasını gerektirmektedir. Wake up test ise nörolojik omurilik kusurlarının belirlenmesinde nörofizyolojik monitörizasyona yardımcı yararlı bir yöntemdir.

Tablo 7. Skolyoz cerrahisinde anestezi açısından özellikli ve olası sorunlar

Detaylı Preoperatif Değerlendirme
Yandaş kalıtsal ya da edinsel kusurlar (Restriktif akciğer hastalığı, kalıtsal kalp patolojileri)
Havayolu yönetimi/tek akciğer ventilasyonu ihtiyacı
Karmaşık intraoperatif monitörizasyon
Uzun süren cerrahi girişim ve ciddi kan kaybı
Kanın korunması ve kan transfüzyonu
Hipotermi riski
Hasta pozisyonuna bağlı komplikasyonlar
Omurilik monitörizasyonu
Postoperatif takip ve solunum desteği
Postoperatif ağrı tedavisi
Olası cerrahi komplikasyonlar

Tablo 8. Uzun süreli Pron pozisyonuna bağlı ve olası sorunlar

Gözler
Kornea abrazyonu
Optik nöropati
Retina arterinde oklüzyon
Baş boyun
Ven dönüşünde bozulma
Kafanın tespiti
Çene, burun gibi yumuşak dokularda uzun süreli basıya bağlı yara
Abdominal kompresyon
Ventilasyon güçlüğü
Kalp debisi azalması
Epidural basınç artışı ve kanama
Büyük damar yaralanmaları
Aorta ve inferior vena kava
İliak damarlar
Sinir hasarı
Pleksus ve/veya izole sinir hasarları
Havayolu ile ilişkili sorunlar
Kazayla ekstübasyon-prone pozisyonda reentübasyon
Tüpte katlanma, tıkanma
Yüz ve havayolunda ödem
Ekstübasyon problemleri

Postoperatif Bakım ve Sorunlar

Kalıtsal eğrilik, ileri eğrilik, kifoskolyoz, anterior-posterior girişim ve osteotomiler skolyoz cerrahisinde olası risk ve komplikasyonları artırır (Tablo 7-9).

Solunma Problemleri

Postoperatif erken ve geç dönem değişiklikler: Skolyoz düzeltme cerrahisi sonrası akciğer hacim ve akım hızlarındaki azalma torakal ve üst abdominal cerrahiye benzerdir. Skolyoz cerrahisinden sonra

Tablo 9. Cerrahi ile ilişkili komplikasyonlar

Nörolojik komplikasyonlar –risk faktörleri
Rijid ve ileri derecede eğrilik
Kalıtsal ve sendromik hastalar
Osteotomiler
Düzeltilme manevraları
Vidanın yanlış yerleşmesi
İskemi-hipotansif anestezi
Vasküler komplikasyonlar
Plevra-iç organ yaralanmaları
İmplant yetmezlikleri
Düzeltilme işlemine bağlı olası komplikasyonlar
Derotasyon
Kompresyon
Distraksiyon
Translasyon
Enstrumantasyona bağlı olası komplikasyonlar
Medial malpozisyon
Lateral malpozisyon
Anterior korteks perforasyonu
Superior veya inferior malpozisyon

Tablo 10. Ameliyat sonrası analjezi

1) İV HKA Morfin:	
Morfin 1 mg cc ⁻¹ olacak şekilde analjezik çözeltisi hazırlanır. (90 mL isotonik+10 amp (10 mL) morfin olacak şekilde), 10 dakika kilit süresi, 2 mg bolus olacak şekilde HKA cihazı programlanır.	
Yükleme dozu:	2 mg
Bolus doz:	2 mg
Kilit süresi:	10 dk
4 saatlik:	30 mg
2) İV HKA Tramadol:	
250 cc SF içine 500 mg tramadol (2 mg cc ⁻¹) şekline hazırlanır.	
Yükleme dozu:	1 mg kg ⁻¹
Bolus doz:	20 mg
Kilit süresi:	10 dk
4 saatlik:	300 mg

yapılan solunum fonksiyon testlerinden (SFT) FVC, FEV₁ değerleri cerrahiden sonraki ilk hafta preoperatif değerlerin %60'ı kadar azalır. Bu azalma ilk 3 günde en fazladır. Cerrahi sonrası 6. ayda yapılan SFT değerlendirmelerinde; FVC ve FEV₁ değerleri, hastanın ameliyat öncesi değerlerinin en az %70'ıdır. Total akciğer kapasitesi, vital kapasite ve FRC preoperatif değerlerin sırasıyla %61, %44, %81'i olduğu, postoperatif 5. günden sonra FRC'nin preoperatif değerlere yaklaştığı bildirilmiştir (63). Bu değişikliklere neden olan etkenler; 1) cerrahi girişimin göğüs kafesi konfigürasyonuna etkisi, 2) göğüs duvarının mekanik özellikleri (ağrı, ödem, solunum kaslarının performansının bozulması), 3) akciğerin mekanik özelliklerindeki değişiklikler (akciğer sıvısının ve yüzey basıncının artması, atelektazi), 4) diyafram ve interkostal kasların nöromotor kontrolünü değiştiren faktörler.

Ameliyat öncesinde solunum problemi olan hastalarda; postoperatif vital kapasitenin azalması, öksürük, periyodik ve derin solunum yapamama da eşlik eder. Pulmoner komplikasyon ve enfeksiyonların tabloya eklenmesi ile solunum sisteminin savunma mekanizmaları bozulur ve sonuçta solunum yetersizliği gelişebilir. Bu nedenle ameliyat öncesinde hastaların solunum sisteminin değerlendirilmesi ve hazırlığının dikkatle yapılması çok önemlidir.

Skolyoz cerrahisi sonrası komplikasyon oranı %1-20, solunum sistemi ile ilgili komplikasyonu oranı ise %7'dir. Pulmoner komplikasyonlar girişim sonrası mortalite ve morbiditenin en önemli sebebidir (7). İdiyopatik olmayan skolyozlularda insidans idiyopatik skolyozlulardan 5 kat daha fazladır. Sıklık, anterior yaklaşımlarda da posterior yaklaşıma göre daha yüksektir. Atelektazi, infiltrasyonlar, hemotoraks, pnömotoraks, plevral effüzyon ve entübasyon sürecinde uzama sık görülen sorunlardır. Pnömoni, akciğer ödemi, üst hava yolu obstrüksiyonu ise daha az sıklıkta görülür. Bu problemler mental retarde ve gelişme geriliği olan kişilerde daha sıktır (64-66).

Atelektazi: Skolyoz cerrahisi, hastaların %40'ından fazlasında vital kapasitede geçici azalmaya neden olur. Bunun, ameliyat süresinin uzun olması, hasta pozisyonunun göğüs duvarı mekaniğini bozması ve çeşitli kas gruplarına (özellikle açık cerrahide) cerrahi travmalar gibi çok farklı nedenleri vardır (67). Vital kapasitenin ameliyat öncesine göre azalması, entübasyon süresinin uzun olması postoperatif mekanik ventilasyon gerektiren solunum yetersizliği gelişimine neden olur. Nöromusküler skolyozda mevcut kas güçsüzlüğü ekstübasyon sonrası atelektazi riskini artırır.

Plevral effüzyon ve/veya akciğer ödemi: Skolyoz cerrahisinde cerrahi alandan kanama fazladır. Kan kaybı, komplike olmayan vakalarda toplam kan hacminin yaklaşık 1/3'ü oranındadır ve nöromusküler skolyozda bu miktar daha da yüksektir. Eğer kan kaybı ve diğer nedenler (spinal şok gibi) hemodinamik istikrarsızlığa neden olursa, kullanılan kristalloid, kolloid ve kan miktarı da artar. Hidrostatik ve ozmotik basınçlar arasındaki değişikliklere bağlı plevral effüzyon ve akciğer ödemi gelişebilir.

Spinal enstrüman cerrahisi yapılan skolyoz vakalarında hemotoraks da bildirilmiştir (68).

Bir diğer komplikasyon olan şilotoraksın insidansı %0,33'tür. Anterior spinal cerrahi sonrası lenfatik sistemin doğrudan hasarı sonucu gelişebilir. Semptomlar; göğüs ağrısı, dispne, taşikardi, nefes darlığı, ateştir.

Postoperatif komplikasyonları önceden belirleyebilir miyiz?

Zhang ve ark. (69) yaptığı çalışmada; skolyoz cerrahisi uygulanan 298 hastayı ameliyat öncesi solunum fonksiyon testi (SFT) ile değerlendirip, postoperatif görülen komplikasyonları (atelektazi, hidrotoraks, pnömotoraks, pnömoni, hipoksemi, postoperatif mekanik ventilasyon ihtiyacını) kaydetmişlerdir. Preoperatif pulmoner semptomu olan ve SFT değerleri normal olmayanlarda postoperatif komplikasyon insidansı daha yüksek bulunmuştur. Preoperatif SFT değerlendirilmesinin postoperatif pulmoner komplikasyonların ön görülmesinde yararlı olduğu ileri sürülmüştür (69).

Postoperatif mekanik ventilasyon gereksinimi ve pulmoner morbidite insidansı, ameliyat öncesi dönemde FVC'si %35'ten düşük, Pimax ve Pemax değerleri 40 cmH₂O'nun altında, eşlik eden nöromusküler hastalığı olanlar, mental retarde ve kalıtsal kalp anomalisi olanlarda daha yüksek bulunmuştur. Buna karşın, ameliyat öncesinde FVC değeri %35'in üstü olan hastalarda cerrahi girişim genelde iyi tolere edilir ve hastalar sıklıkla aynı gün ekstübe edilir (70).

Diğer Sorunlar

Ameliyat sonrası körlük en sık omurga girişimleri sonrası görülür (71, 72). Yüzüstü pozisyon, girişim süresinin uzaması, hipotansiyon, kanama (kan hacminin %44'nün kaybı) ve yaşlılık körlük açısından risk faktörleridir. Postoperatif dönemde hastalar çoğu kez yoğun bakım ünitesine entübe olarak götürülür. Hastalar yoğun bakım ünitesinde hemodinamik açıdan istikrarlı hale gelip, hipotermi ve asidoz durumları düzeldikten sonra ekstübe edilirler. Ekstübasyonun zamanlamasında cerrahinin türü ve karmaşıklığı, ameliyat süresi, yandaş hastalıklar, ameliyat öncesi solunum fonksiyonları, kalp yetersizliği, hipovolemi, hipotermi, kan kaybı/transfüzyon miktarı, zor havayolu ve komplikasyonlar mutlaka irdelenmelidir. Perioperatif dönemde hipotermi mutlaka engellenmelidir. Çünkü hipotermi; yara yeri enfeksiyonunu, koagülopatiyi, uyanmanın gecikmesini, MI ve aritmi riskini tetikler.

Postoperatif Ağrı Tedavisi

İntravenöz opioid hasta kontrollü analjezisi (HKA) ilk 48 saat uygulanmalıdır. Tablo 10'da örnek bir analjezi protokolü sunulmuştur.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Hakem değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları

Fikir - A.Y.; Tasarım - A.Y.; Denetleme - A.Y., Y.G.; A.E., E.K., H.K.; Kaynaklar - A.Y., Y.G., A.E., E.K., H.K.; Malzemeler - A.Y., Y.G.; A.E., E.K., H.K.; Literatür taraması - A.Y., Y.G., A.E., E.K., H.K.; Yazıyı yazan - A.Y., Y.G.; Eleştirel İnceleme - A.E., E.K., H.K.

Conflict of Interest

No conflict of interest was declared by the authors.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions

Concept - A.Y.; Design - A.Y.; Supervision - A.Y., Y.G.; A.E., E.K., H.K.; Funding - A.Y., Y.G., A.E., E.K., H.K.; Materials - A.Y., Y.G.; A.E., E.K., H.K.; Literature Review - A.Y., Y.G., A.E., E.K., H.K.; Writer - A.Y., Y.G.; Critical Review - A.E., E.K., H.K.

Kaynaklar

1. Moen KY, Nachemson AL. Treatment of scoliosis: an historical perspective. *Spine* 1999; 24: 2570-5. [CrossRef]
2. Maruyama T, Takeshita K. Surgical treatment of scoliosis: a review of surgical techniques. *Scoliosis Journal* 2008; 3:1-6.
3. Liu L, Xiu P, Li Q, Song Y, Chen R, Zhou C. Prevalence of cardiac dysfunction and abnormalities in patients with adolescent idiopathic scoliosis requiring surgery. *Orthopedics* 2010; 1: 21-8.
4. Salem MR, Klowden AJ. Anaesthesia for orthopedic surgery. In: Gregory GA (ed). *Pediatric Anesthesia*. 4th edition. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2002; 617-61.
5. Kafer ER. Respiratory and cardiovascular functions in scoliosis and the principles of anesthetic management. *Anesthesiology* 1980; 52: 339-51. [CrossRef]
6. Wazeka AN, DiMaio MF, Boachie-Adjei O. Outcome of pediatric patients with severe restrictive lung disease following reconstructive spine surgery. *Spine* 2004; 29: 528-34. [CrossRef]
7. Wilton N, Anderson B. Orthopedic and spine surgery. In: Cote CJ, Lerman J, Todres ID (eds). *Practice of anesthesia in infants and children*. 4th edition. Philadelphia: Elsevier; 2009: 633-55. [CrossRef]
8. Newton PO, Faro FD, Gollogly S, Betz RR, Lenke LG, Lowe TG. Results of preoperative pulmonary function testing of adolescents with

- idiopathic scoliosis. A study of six hundred and thirty-one patients. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87: 1937-46. [CrossRef]
9. Shannon DC, Riseborough EJ, Valena LM, Kazemi H. The distribution of abnormal lung function in kyphoscoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 1970; 52: 131-44.
10. Morris P. Duchenne muscular dystrophy: a challenge for the anaesthetist. *Paediatr Anaesth* 1997; 7: 1-4. [CrossRef]
11. Almenrader N, Patel D. Spinal fusion surgery in children with non-idiopathic scoliosis: is there a need for routine postoperative ventilation? *Br J Anaesth* 2006; 97: 851-7. [CrossRef]
12. Doherty MJ, Millner PA, Latham M, Dickson RA, Elliott MW. Non-invasive ventilation in the treatment of ventilatory failure following corrective spinal surgery. *Anaesthesia* 2001; 56: 235-8. [CrossRef]
13. Marchant WA, Fox R. Postoperative use of a cough-assist device in avoiding prolonged intubation. *Br J Anaesth* 2002; 89: 644-7. [CrossRef]
14. Newton PO, Bastrom TP, Emans JB, Shah SA, Shufflebarger HL, Sponseller PD, et al. Antifibrinolytic agents reduce blood loss during pediatric vertebral column resection procedures. *Spine* 2012; 37: 1459-63. [CrossRef]
15. Endres S, Heinz M, Wilke A. Efficacy of tranexamic acid in reducing blood loss in posterior lumbar spine surgery for degenerative spinal stenosis with instability: a retrospective case control study. *BMC Surg* 2011; 3: 1471-5.
16. Bowen RE, Gardner S, Scaduto AA, Eagan M, Beckstead J. Efficacy of intraoperative cell salvage systems in pediatric idiopathic scoliosis patients undergoing posterior spinal fusion with segmental spinal instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010; 15: 246-51.
17. Raw DA, Beattie JK, Hunter JM. Anesthesia for spinal surgery in adults. *Br J Anaesth* 2003; 91: 886-904. [CrossRef]
18. Entwistle MA, Patel D. Scoliosis in children. *Continuing education in anaesthesia. Critical Care and Pain* 2006; 6: 13-6. [CrossRef]
19. Sutter M, Deletis V, Dvorak J, Eggspuehler A, Grob D, Macdonald D, et al. Current opinions and current recommendations on multimodal intraoperative monitoring during spine surgeries. *Euro Spine Journal* 2007; 16: 232-23. [CrossRef]
20. Diab M, Smith AR, Kuklo TR. Neural complications in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 2007; 32: 2739-63. [CrossRef]
21. Vauzelle C, Stagnara P, Jouvinroux P. Functional monitoring of spinal cord activity during spinal surgery. *Clin Orth* 1973; 93: 173-8. [CrossRef]
22. Scoliosis Research Society. (1992, September). Position statement: Somatosensory evoked potential monitoring of neurologic spinal cord function during spinal surgery. Retrieved October 13, from www.SRS.org/professionals/policy/
23. Koscielniak-Nielsen ZJ, Stens-Pedersen HL, Hesselbjerg L. Midazolam-flumazenil versus propofol anaesthesia for scoliosis surgery with wake up tests. *Acta Anaesthesiol Scand* 1998; 42: 111-6. [CrossRef]
24. Arkan A, Gökel E, Karıcı A, Sağıroğlu E, Alıcı E, Maltepe F, et al. Total intravenous anesthesia with propofol in orthopaedic spine surgery and wake up test. *J Turk Spinal Surg* 1990; 1: 40-3.
25. Gökel E, Arkan A, Sağıroğlu E, Karıcı A, Maltepe F, Erkin Y. Omurga cerrahisinde fentanil-propofol ile alfentanil-propofol anestezi yöntemlerinin karşılaştırılması ve wake up testi. *Ege Tıp Dergisi* 1990; 29: 1008-12.
26. Eroğlu A, Solak M, Uzunlar H, Özen İ. Wake-up testi yapılan hastalarda propofol ve midazolam anestezisinin karşılaştırılması. *J Turk Anaesth Int Care* 1999; 27: 417-22.
27. Eroğlu A, Erkinçoğlu C, Solak M. Omurga cerrahisinde wake up testi uygulamasında propofol ve sevofluranın karşılaştırılması. *Anestezi Dergisi* 2000; 4: 270-4.
28. Eroglu A, Solak M, Ozen I, Aynacı O. Stress hormones during the wake up test in scoliosis surgery. *J Clin Anesth* 2003; 15: 15-8. [CrossRef]
29. Grottko O, Dietrich PJ, Wiegels S, Wappler F. Intraoperative wake up test and postoperative emergence in patients undergoing spinal surgery: a comparison of intravenous and inhaled anesthetic techniques using short-acting anesthetics. *Anesth Analg* 2004; 99: 1521-7. [CrossRef]
30. Blussé van Oud-Alblas HJ, Peters JW, de Leeuw TG, Vermeylen KT, de Klerk LW, Tibboel D, et al. A comparison in adolescents of composite auditory evoked potential index and bispectral index during propofol-remifentanyl anesthesia for scoliosis surgery with intraoperative wake-up test. *Anesth Analg* 2008; 107: 1683-8. [CrossRef]

31. Fung NY, Hu Y, Irwin MG, Chow BE, Yuen MY. Comparison between sevoflurane/remifentanyl and propofol/remifentanyl anaesthesia in providing conditions for somatosensory evoked potential monitoring during scoliosis corrective surgery. *Anaesth Intensive Care* 2008; 36: 779-85.
32. Büyükyıldız GK, Kandemir A, Akra S, Sun S, Bilsel N. Skolyoz ameliyatı sırasında medulla spinalis fonksiyonunun araştırılması (wake up test). *J Türk Anaesth Int Care* 1990; 118: 267-8.
33. Ting CK, Hu JS, Teng YH, Chang YY, Tsou MY, Tsai SK. Desflurane accelerates patient response during the wake up test for scoliosis surgery. *Can J Anaesth* 2004; 51: 393-7. [\[CrossRef\]](#)
34. Kuruefe R, Yılmazlar A, Özcan B. İntraoperatif uyandırma testi uygulanan skolyoz cerrahisinde remifentanyl ve alfentanil infüzyonunun karşılaştırılması. *Anestezi Dergisi* 2011; 19: 99-105.
35. Nafiu OO. Is a desflurane-remifentanyl based anesthetic really the best for the wake up test? *Anesth Analg* 2005; 101: 296. [\[CrossRef\]](#)
36. McCann ME, Brustowicz RM, Bacsik J, Sullivan L, Auble SG, Laussen PC. The bispectral index and explicit recall during the intraoperative wake up test for scoliosis surgery. *Anesth Analg* 2002; 94: 1474-8. [\[CrossRef\]](#)
37. Tamaki T, Kubota S. History of the development of intraoperative spinal cord monitoring. *European Spine J* 2007; 16: 140-6. [\[CrossRef\]](#)
38. Devlin VJ, Schwartz DM. Intraoperative Neurophysiologic Monitoring During Spinal Surgery. *J Amer Acad Orthop Surg* 2007; 15: 549-60.
39. Jones SJ, Edgar MA, Ransford AO, Thomas NP. A system for the electrophysiological monitoring of the spinal cord during operations for scoliosis. *J Bone Joint* 1983; 65: 134-9.
40. Eccher M. Intraoperative Neurophysiologic monitoring: Are we really that bad? *J Clin Neurophysiol* 2012; 29: 157-9. [\[CrossRef\]](#)
41. Lyon JCR, Lieberman JA, Grabovac MT, Hu S. Strategies for managing decreased motor evoked potential signals while distracting the spine during correction of Scoliosis. *J Neurosurg Anesthesiol* 2004; 16: 167-70. [\[CrossRef\]](#)
42. DiCindio S, Schwartz DM. Anesthetic management for pediatric spinal fusion: implications of advances in spinal cord monitoring. *Anesthesiol Clin North America* 2005; 23: 765-87. [\[CrossRef\]](#)
43. Clapcich AJ, Emerson RG, Roye DP Jr, Xie H, Gallo EJ, Dowling KC, et al. The effects of propofol, small-dose isoflurane, and nitrous oxide on cortical somatosensory evoked potential and bispectral index monitoring in adolescents undergoing spinal fusion. *Anesth Analg* 2004; 99: 1334-40. [\[CrossRef\]](#)
44. Ku AS, Hu Y, Irwin MG, Chow B, Gunawardene S, Tan EE, et al. Effect of sevoflurane/nitrous oxide versus propofol anaesthesia on somatosensory evoked potential monitoring of the spinal cord during surgery to correct scoliosis. *Br J Anaesth* 2002; 88: 502-7. [\[CrossRef\]](#)
45. Ginsburg HH, Shetter AG, Raudzens PA. Postoperative paraplegia with preserved intraoperative somatosensory evoked potentials: case report. *J Neurosurg* 1985; 63: 296-300. [\[CrossRef\]](#)
46. Lesser RP, Raudzens P, Lüders H, Nuwer MR, Goldie WD, Morris HH 3rd, et al. Postoperative neurological deficits may occur despite unchanged intraoperative somatosensory evoked potentials. *Ann Neurol* 1986; 19: 22-5. [\[CrossRef\]](#)
47. Nuwer MR, Dawson EG, Carlson LG, Kanim LE, Sherman JE. SSEP spinal cord monitoring reduces neurological deficits after scoliosis surgery. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1995; 96: 6-11. [\[CrossRef\]](#)
48. Dawson EG, Sherman JE, Kanim LE, Nuwer MR. Spinal cord monitoring. Results of the Scoliosis Research Society and the European Spinal Deformity Society survey. *Spine* 1991; 16: 361-4.
49. Lin BC, Chen IH. Modified transcranial electromagnetic motor evoked potential obtained with train-of-four monitor for scoliosis surgery. *Acta Anaesthesiol Sin* 1998; 36: 199-206.
50. MacDonald DB, Al Zayed Z, Khoudeir I, Stigsby B. Monitoring scoliosis surgery with combined multiple pulse transcranial electric motor and cortical somatosensory-evoked potentials from the lower and upper extremities. *Spine* 2003; 28: 194-203. [\[CrossRef\]](#)
51. Ubags LH, Kalkman CJ, Been HD. Influence of isoflurane on myogenic motor evoked potentials to single and multiple transcranial stimuli during nitrous oxide/opioid anesthesia. *Neurosurgery* 1998; 43: 90-4. [\[CrossRef\]](#)
52. Kawaguchi M, Inoue S, Kakimoto M, Kitaguchi K, Furuya H, Morimoto T, et al. The effect of sevoflurane on myogenic motor-evoked potentials induced by single and paired transcranial electrical stimulation of the motor cortex during nitrous oxide/ketamine/fentanyl anesthesia. *J Neurosurg Anesthesiol* 1998; 10: 131-6. [\[CrossRef\]](#)
53. Ansel DJ, Aherne A, Soto RG, Carrion W, Hoegerl C, Nori P, et al. Successful intraoperative spinal cord monitoring during scoliosis surgery using a total intravenous anesthetic regimen including dexmedetomidine. *J Clin Neurophysiol* 2008; 25: 56-61. [\[CrossRef\]](#)
54. Lo YL, Dan YF, Tan YE, Nurjannah S, Tan SB, Tan CT, et al. Intraoperative motor-evoked potential monitoring in scoliosis surgery: comparison of desflurane/nitrous oxide with propofol total intravenous anesthetic regimens. *J Neurosurg Anesthesiol* 2006; 18: 211-4. [\[CrossRef\]](#)
55. Mendiratta A, Emerson RG. Neurophysiologic intraoperative monitoring of scoliosis surgery. *J Clin Neurophysiol* 2009; 26: 62-7. [\[CrossRef\]](#)
56. Özgencil E, Can ÖS, Çakar Turhan KS, Kazak Z, Bermede AO, Kalem M, ve ark. Spinal kord nörolojik monitorizasyon yöntemleri. *J Türk Anaesth Int Care* 2008; 36: 187-93.
57. Pelosi L, Lamb J, Grevitt M, Mehdiian SM, Webb JK, Blumhardt LD. Combined monitoring of motor and somatosensory evoked potentials in orthopaedic spinal surgery. *Clin Neurophysiol* 2002; 113: 1082-91. [\[CrossRef\]](#)
58. MacDonald DB, Streletz LJ, Al-Zayed Z, Abdool S, Stigsby B. Intraoperative neurophysiologic discovery of uncrossed sensory and motor pathways in a patient with horizontal gaze palsy and scoliosis. *Clin Neurophysiol* 2004; 115: 576-82. [\[CrossRef\]](#)
59. Pastorelli F, Di Silvestre M, Plasmati R, Michelucci R, Greggi T, Morigi A, et al. The prevention of neural complications in the surgical treatment of scoliosis: the role of the neurophysiological intraoperative monitoring. *Eur Spine J* 2011; 20: 105-14. [\[CrossRef\]](#)
60. Thuet ED, Winscher JC, Padberg AM, Bridwell KH, Lenke LG, Dobbs MB, et al. Validity and reliability of intraoperative monitoring in pediatric spinal deformity surgery: a 23-year experience of 3436 surgical cases. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010; 35: 1880-6.
61. Scoliosis Research Society. SRS Information Statement, 2009. http://www.srs.org/professionals/education_materials/graphics/Neuromonitoring_Information_statement_2-6-09.doc
62. Glassman SD, Dimar JR, Puno RM, Johnson JR, Shields CB, Linden RD. A prospective analysis of intraoperative electromyographic monitoring of pedicle screw placement with computed tomographic scan confirmation. *Spine* 1995; 20: 1375-9. [\[CrossRef\]](#)
63. Yuan N, Fraire JA, Margetis MM, Skaggs DL, Tolo VT, Keens TG. The effect of scoliosis surgery on lung function in the immediate postoperative period. *Spine* 2005; 30: 2182-5. [\[CrossRef\]](#)
64. Manzur AY, Kinali M, Muntoni F. Update on the management of Duchenne muscular dystrophy. *Arch Dis Child* 2008; 93: 986-90. [\[CrossRef\]](#)
65. Katz SL, Gaboury I, Keilty K, Banwell B, Vajsar J, Anderson P, et al. Nocturnal hypoventilation: predictors and outcomes in childhood progressive neuromuscular disease. *Arch Dis Child* 2010; 95: 998-1003. [\[CrossRef\]](#)
66. Tsiligiannis T, Grivas T. Pulmonary functions in children with idiopathic scoliosis. *Scoliosis* 2012; 7: 7. [\[CrossRef\]](#)
67. Koumbourlis AC. Scoliosis and the respiratory system. *Paediatric Resp Reviews* 2006; 7: 152-60. [\[CrossRef\]](#)
68. Viswanathan A, Relyea K, Whitehead WE, Curry DJ, Luerssen TG, Jea A. Pneumothorax complicating "in-out-in" thoracic pedicle screw placement for kyphotic deformity correction in a child. *J Neurosurg Pediatr* 2008; 2: 379-84. [\[CrossRef\]](#)
69. Zhang JG, Wang W, Qiu GX, Wang YP, Weng XS, Xu HG. The role of preoperative pulmonary function tests in the surgical treatment of scoliosis. *Spine* 2005; 30: 218-21. [\[CrossRef\]](#)
70. Jenkins JG, Bohn DJ, Edmonds JF, Levison H, Barker GA. Evaluation of pulmonary function in muscular dystrophy patients requiring spinal surgery. *Crit Care Med* 1982; 10: 645-9. [\[CrossRef\]](#)
71. Lee LA, Roth S, Posner KL, Cheney FW, Caplan RA, Newman NJ, et al. The American Society of Anesthesiologists Postoperative Visual Loss Registry: analysis of 93 spine surgery cases with postoperative visual loss. *Anesthesiology* 2006; 105: 652-9; quiz 867-8. [\[CrossRef\]](#)
72. American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Visual Loss. Practice advisory for perioperative visual loss associated with spine surgery: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Visual Loss. *Anesthesiology* 2012; 116: 274-85. [\[CrossRef\]](#)