

SOLUNUM SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ VE ÇOCUKLARDAKİ FARKLAR

RESPIRATORY SYSTEM PHYSIOLOGY AND THE DIFFERENCES IN CHILDREN

Elif Vagas¹, Aslı Gül Akgül²

¹Kocaeli Körfez Devlet Hastanesi, Pediatri Kliniği, Kocaeli, Türkiye

²Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, Kocaeli, Türkiye

e-posta: elifvagas@yahoo.com, asliakgul@gmail.com

doi:10.5152/tcb.2012.14

Özet

Solunum dokulara oksijen sağlarken, karbondioksiti uzaklaştırır. İnciriyumun en önemli kası diyafragmadır ve inciriyasyon sırasında, kasılarak akciğerlerin alt bölümünü aşağı çeker. Ekspiryum ise normalde pasiftir. Kompliyanı akciğer ve göğüs kafesinin esneyebilme kabiliyeti olarak tanımlanır. Çocuklarda akciğer kompliyanı erişkinlere göre daha düşüktür ve akciğerler kollabe olmaya daha yatkındır. Sürfaktan akciğerleri kaplar, yüzey gerilimini düşürür ve kompliyanı artırır. Prematür infantlarda surfaktan eksikliğine bağlı yeni doğan 'solunum distres sendromu' gelişebilir. Tidal volüm, inspiratuvar rezerve volüm, ekspiratuvar rezerve volüm ve rezidüel volümün, ikili veya daha fazla kombinasyonları akciğer kapasitesilerini tanımlar. Solunum fonksiyon testlerinde spirometri kullanılırken koopere hasta gerekir. Solunumun merkezi kontrolü, beyin sapı ve sereberal kortekste meduller solunum merkezindedir, retiküler formasyonda uzanır ve dorsal ve ventral solunum grubu olarak ayrılır.

Anahtar kelimeler: Solunum, kompliyanı, akciğer kapasiteleri

Abstract

Respiration provides oxygen to the tissues and removes carbon dioxide. The diaphragm is the most important muscle for inspiration. During inspiration, contraction of the diaphragm pulls on the lower parts of the lungs. Expiration is normally passive. Compliance describes the distensibility of the lungs and chest wall. In children, compliance of the lungs is lower than in adults and the lungs are prone to collapse. Surfactant lines the alveoli, reduces surface tension and increases compliance. Neonatal Respiratory Distress Syndrome can occur in premature infants because of the lack of surfactant. The two or more combinations of the tidal volume, inspiratory reserve volume, expiratory reserve volume and residual volume can describe the lung capacities. The patient should cooperate while using spirometry for pulmonary function tests. The central control of breathing is located in the medullary respiratory center of the brain stem and cerebral cortex in the reticular formation, and is separated into the dorsal and the ventral respiratory groups.

Key words: Respiration, compliance, lung capacities

Erişkinler ve çocuklarda solunum fizyopatolojisi yaş ve gelişmeye bağlı bazı sistem ve volümler açısından farklılaşmakla birlikte temelde benzerdir. Farklılıklara değinmeden önce genel mekanikleri ve işleyişi bilmek gerekmektedir. Solunum sisteminin dört ana fonksiyonu;

1. Atmosfer ve alveoller arasında havanın giriş çıkışı anlamına gelen akciğer ventilasyonu
2. Alveoller ve kan arasında oksijen ve karbondioksitin difüzyonu
3. Kan, vücut sıvıları ve dokular arasında oksijen ve karbondioksitin taşınması
4. Ventilasyonun düzenlenmesidir.

PULMONER VENTİLYASYON MEKANİKLERİ

Akciğerler iki şekilde genişletilip daraltılabilir;

1. Diyafragmanın aşağı ve yukarı hareketiyle göğüs kafesi uzar ve kısalır,
2. Kostaların yükselmesi ve aşağı çekilmesi ile göğüs ön-arka çapı artar ve azalır.

Normal sakin bir solunum neredeyse tamamen diyafragmanın hareketiyle gerçekleşir. İnciriyasyonda diyafragma kasılır ve akciğerlerin alt yüzünü aşağı çeker. Ekpirasyonda ise diyafragma basitçe gevşer, göğüs duvarı, abdominal yapılar ve akciğerler elastik bir şekilde geri çekilirken (recoil) akciğerlere baskı artar ve hava dışarı atılır.

Göğüs kafesini yukarı kaldıran bütün kaslar inspirasyon kaslarıdır. Bunlar içinde en önemli olanları eksternal interkostal kaslardır. Ancak diğer yardımcı kaslardan, sternokleidomastoid kas; sternumu, anterior serratuslar; kostaların çoğunu, skalen kaslar ise; ilk iki kostayı yukarı kaldırarak inspirasyona yardım ederler. Ekspirasyon sırasında göğüs kafesini aşağı çeken başlıca kaslar ise; rektus abdominalis ve internal interkostal kaslardır (1).

AKCİĞERLERDEKİ HAVANIN HAREKETİNİ SAĞLAYAN BASINÇLAR

Akciğerler balon gibi sönebilecek elastik bir yapıdadır ve şişmeyi sağlayacak herhangi bir güç olmadığında trakea aracılığıyla içindeki havanın tamamını dışarı verir. Aynı zamanda, akciğerler ile göğüs kafesi arasında, hiler bölge dışında, herhangi bir bağlantı yoktur. Akciğerler göğüs boşluğunda, etrafını saran plevral sıvının kayganlaştırıcı etkisiyle hareket eder ve bu boşlukta 'yüzer'. Dahası, viseral ve pariyetal plevra arasındaki fazla sıvının lenfatik kanallardan sürekli olan drenajı, düşük basınçlı bir vakum etkisi yapar. Bu sebeple, akciğerler göğüs boşluğuna yapıştırılmış gibi durur ve göğüs kafesi genişleyip daraldıkça bu kayganlaştırıcı sıvının içinde serbestçe hareket eder (1).

PLEVRAL BASINÇ VE SOLUNUM SIRASINDAKİ DEĞİŞİKLİKLER

Plevral basınç; akciğerler (viseral plevra) ve göğüs duvarı plevrası arasındaki boşlukta yer alan sıvının yarattığı hafif negatif bir basınçtır. İnspiryumun başında normal plevral basınç (-5) cm H₂O'dur ve bu akciğerleri dinlenirken açık tutmak için yeterli basınçtaki emilim gücüdür. İnspiryuma devam ederken göğüs kafesinin genişlemesi akciğerleri dışarı iter ve ortalama negatif basınç etkisi yaklaşık (-7.5) cm H₂O'ya yükselir (1).

ALVEOLAR BASINÇ

Alveolar basınç, akciğer alveollerinin içindeki havanın basıncıdır. Glottis açıldığında akciğerlere hava giriş çıkışı olmazsa, akciğer ve solunum sistemi ağacının alveollerine kadar olan basınç, atmosferik basınca eşittir ve bu da '0'cm H₂O'dur. İnspiryumda alveollerin içine çekilecek şekilde hava akımı yaratmak için, alveollerdeki basınç hafifçe atmosferik basıncın altına-yaklaşık (-1) cm H₂O-düşmelidir. Bu hafif negatif basınç 2 saniyede 0.5 litre havayı akciğerlere çekmek için yeterlidir.

Ekspiryum sırasında ise tam tersi gerçekleşir. Alveolar basınç (+1) cm H₂O'ya yükselir ve 2-3 saniye içinde akciğerlerden 0.5 litre hava dışarı verilir (1).

TRANSPULMONER BASINÇ

Plevral basınç ve alveolar basınç arasındaki farka transpulmoner basınç denir. Akciğerlerin dış yüzeyindeki basınç ile alveollerin içindeki basıncın farkıdır (1).

AKCİĞER VE TORAKS KOMPLİYANSI

Kompliyans; her birim basınç artışının neden olduğu volüm artışı olarak ifade edilir. Bir başka tanımlama ile; esneyebilme kabiliyetidir. Bu, toraks ve akciğerlerde farklıdır. Çocuklarda yetiştikten farklı olan kompliyans, doğumdan itibaren değişim gösterir. Değişim elastin ve surfaktan miktarı ile ilgilidir. Kompliyans açısından akciğer ve toraksı birbirinden ayırmak güçtür. Bu durumda total akciğer kompliyansından bahsedilir.

Çocukların akciğer kompliyansı yetişkinlere göre düşüktür. Çünkü farklı alveol yapıları, elastin ve surfaktanları vardır. Çocuklarda alveoller küçük ve duvar kalınlığı daha fazla olduğundan alveolar yapı daha büyük bir etkiye sahiptir. Daha az elastin, daha az akciğer esnekliği ve daha fazla kollaps ihtimaline neden olur. Elastin miktarı azaldığında ekspiryum sonlanmadan önce hava yolları kollabe olur. Ayrıca kapanma hacmi fonksiyonel rezidüel kapasiteden (FRC) daha büyük olur. Bu durum da intrapulmoner şant yaratır. Doğumda elastin yalnızca terminal bronşlar seviyesine kadar vardır. Elastin artışı alveolar duktus artışı ile beraberdir ve 18 yaşına kadar devam eder. Sonuç olarak hem immatürite hem de surfaktan sitesindeki hasar akciğer kompliyansında azalmaya neden olur. Bu durum söz konusu olduğu prematür infantlarda hiyalen membran hastalığı ve solunum sıkıntısı sendromu gelişebilmektedir (2).

Çocukların göğüs kafesi yapısı erişkinlerden farklıdır. Kostalar vertebralara hemen hemen dik açı ile yerleşmiştir. Bu, kostaların 'kova sapı' şeklindeki hareketini sınırlayarak toraksın genişlemesini engeller. Çocuklarda kostalar tam olarak kemikleşmediği ve kırık yapıda olduğu için göğüs duvarı kompliyansı daha yüksektir, bu yüzden de hava yolu direncinde negatif intraplevral basınç ve düşük akciğer kompliyansı göğüs duvarının kolaylıkla kollapsına neden olabilir (2).

HAVA YOLU DİRENCİ

Hava yolu direnci; bir ünite akıma düşen basınç olarak tanımlanır. Hava yolu genişliği (çapı) bir birim

azaldıkça direnç dört kat artar. Yeni doğanda hava yolları dardır. Beş yaşına gelinceye kadar hava yolları çapında anlamlı bir artış olmaz. Bu yüzden çocukların hava yolu dirençleri erişkinlere göre yüksektir. Bunun yanında hava yolları akciğer bazallerinde daha küçük olduğundan, buradaki direnç apikal bölgelere göre daha fazladır. Yetişkinlerde direncin %65'ini üst hava yolları oluştururken, bebeklerde sadece burun delikleri direncin %50'sini oluşturur. Bebeklerde nazogastrik tüp total dirençte %50 artışa neden olur. Hava yolu direnci artmış olan çocuklarda gelişebilecek bir obstrüksiyonun sıklığı ve şiddeti yetişkinlerden çok daha fazla olacaktır. Bu yüzden enfeksiyon, ödem ve sekresyon gibi nedenler ciddi problemler yaratabilir (2).

SOLUNUM İŞİ (WORK OF BREATHING)

Solunum ekspiryumda pasif, inspiryumda aktiftir. İspiryumda karşı güçlerin (akciğer ve göğsün elastik yapıdaki özelliği, hava yolu direnci) üstesinden gelmesine solunum işi denir. Yetişkinlerde toplam enerjinin %2-3'ü, yeni doğanda %1-2'si solunum işine harcanır. Hava yolu direncini arttıran nedenler solunum işini de artırır. Çocuklarda hava yolları dar olduğundan sekresyon artışı ve ödeme yol açan hastalıklar solunum işini yetişkinlere göre çok daha fazla zorlar (2).

ALVEOL YÜZEY GERİLİMİ VE SURFAKTAN

Alveol yüzey gerilimi alveolleri kaplayan sıvı moleküllerin aralarındaki çekim gücünden kaynaklanır. Geniş alveolü (geniş yarı çap) açık tutmak kolaydır, zor kollabe olur. Küçük alveolü (küçük yarı çap) açık tutmak zordur, kolay kollabe olur (*Laplace* kanunu). Sürfaktan yokluğunda küçük alveollerin kollabe olmaya eğilimi yüksektir (atelektazi).

Sürfaktan; alveolleri kaplar, yüzey gerilimini düşürür, kompliyansı artırır. Tip II alveolar hücrelerden sentezlenir ve başlıca fosfolipid dipalmitoyil fosfotidilkolin (DPPC) içerir. Fetüste surfaktan sentezi değişikendir. Yirmi dördüncü gestasyon haftasında da saptanabileceği gibi, hemen her zaman 35. gestasyon haftasında yapımı tamamlanmış olmaktadır (3).

AKCİĞER VOLÜMLERİ (HACİMLERİ)

Tidal Volüm (TV): Her bir normal soluk alma ve verme sırasında akciğere girip çıkan hava miktarıdır.

İnspiratuvar Rezerv Volüm (IRV): Çok derin nefes alırken, tidal volümün üzerine alınabilecek ekstra hava miktarıdır. Egzersiz sırasında kullanılır.

Ekspiratuvar Rezerv Volüm (ERV): Çok derin nefes verirken tidal volümden sonra dışarı verilebilecek hava miktarıdır.

Rezidüel Volüm (RV): Maksimal bir soluk vermede, verilebilecek tüm hava dışarı çıktığında, akciğerde kalan hava miktarıdır. Spirometre ile ölçülemez.

Anatomik Ölü Boşluk: Havayı ileten yollarda kalan havanın volümüdür.

Fizyolojik Ölü Boşluk: Fonksiyonel bir ölçümde saptanır. Akciğerlerde gaz değişimine katılmayan havanın volümüdür. Normal bir akciğerde anatomik ölü boşluğa eşittir. Ancak ventilasyon/perfüzyon (V/Q) bozukluklarında anatomik ölü boşluktan daha fazla ölçülebilir (3).

AKCİĞER KAPASİTELERİ (ŞEKİL 1)

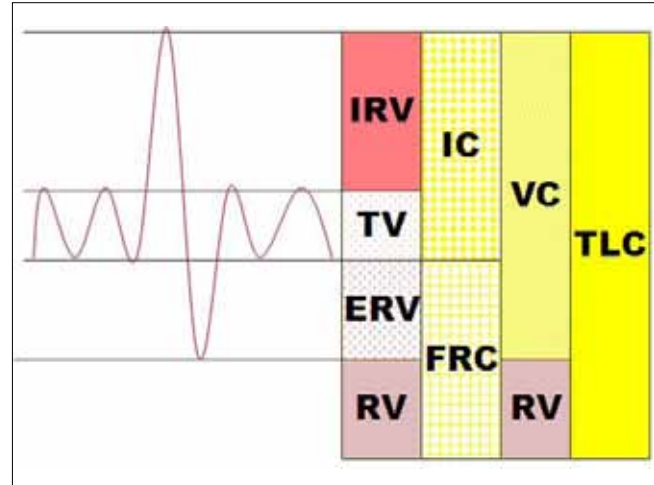
İnspiratuvar Kapasite: Tidal volüm ve inspiratuvar rezerv volümün toplamıdır.

Fonksiyonel Rezidüel Kapasite: Ekspiratuvar volüm ve rezidüel volümün toplamıdır. Tidal volüm dışarı verildikten sonra akciğerde kalan havadır. Rezidüel volümü içerdiği için spirometre ile ölçülemez.

Vital Kapasite (VC), veya Zorlu Vital Kapasite (FVC): Tidal volüm, ekspiratuvar rezerv volüm ve inspiratuvar rezerv volümün toplamıdır. Zorlu bir soluk vermeden sonra alınabilecek maksimum hava hacmidir.

Total Akciğer Kapasitesi: İnspiratuvar rezerv volüm, tidal volüm, ekspiratuvar rezerv volüm ve rezidüel kapasitenin toplamıdır. Maksimum nefes alma sonrası akciğerlerdeki hava miktarıdır. Rezidüel volümü içerdiği için spirometre ile ölçülemez (3).

Zorlu Ekspiratuvar Volüm 1. sn (FEV1): Zorlu maksimal bir soluk verme sırasında ilk saniyede dışarı verilen hava hacmidir. FEV1 normalde zorlu vital kapasitenin %80'idir (FEV1/FCV=0.8) (3).



Şekil 1. Akciğer Kapasiteleri

PULMONER FONKSİYON TESTLERİ

Akciğer fonksiyon testleri sıklıkla bronkospazmı olan hastalarda bronkodilatör tedaviye cevabı değerlendirmek için kullanılır. Hastalarda preoperatif olarak da önem taşır. Bu testler göğüs kafesi anomalisi olan hastalarda anesteziye bağlı komplikasyon riski arttığından özellikle faydalıdır. FEV1/FVC oranı kifoskolyoz gibi hastalarda postoperatif mekanik ventilasyon ihtiyacı olasılığını saptamak için gereklidir. Örneğin FEV1/FVC oranı %50'den az, FEV1 değeri %35'den az olan çocuk, postoperatif yeterli solunum yapamayacak ve mekanik ventilasyon ihtiyacı olacaktır. Solunum fonksiyon testinin doğru ölçümü için koopere hastalar gereklidir ve 6 yaş altındaki çocuklarda sonuçların doğruluğu net olmadığından çok değerli değildir (4).

ÖLÜ BOŞLUK, ALVEOLAR VENTİLASYON

Gaz değişiminin gerçekleşmediği akciğer alanlarındaki havaya ölü boşluk denir. Ölü boşluk anatomik ve alveolar olmak üzere iki bölümdür. **Anatomik ölü boşluk**, solunuma katılmayan iletim yollarından (alveol ve terminal bronşiyoller dışı) oluşur. **Alveolar ölü boşluk** ise perfüze olmayan alveollerden oluşur. Anatomik ve alveolar ölü boşluğun tamamı **fizyolojik ölü boşluğu** oluşturur. Ölü boşluk/idal volüm oranı (0.3) yaşam boyu sabittir. Ancak bebeklerde tidal volümlerin küçük olması, ölü boşluktaki küçük artışlarda bile yetişkinlerden farklı olarak ciddi sorunlara neden olabilir. Alveolar ölü boşluk hacminin, hastalıklar hariç, minimal olduğu bilinir. Ölü boşluğun artması patolojik bir durumdur (2).

Alveolar ventilasyon; bir dakikada alveole giren toplam hava volümünün gaz alışverişine katılan miktarıdır. Bir dakikadaki solunum sayısı ile akciğere alınan hava miktarının çarpımına eşittir (1).

$$VA = \text{Freq} \times (VT - VD)$$

(VA: Alveolar Ventilasyon, Freq: Dakikada Solunum Sayısı-sıklığı, VT: Tidal Volüm, VD: Ölü Boşluk)

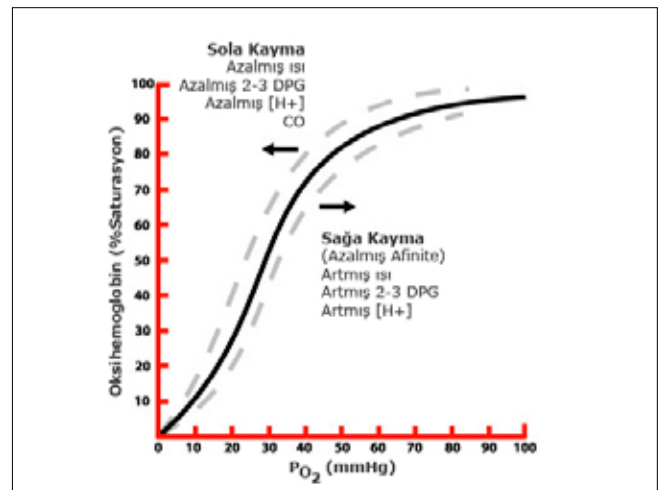
Normal şartlar altında, her bir dakikada hücreler tarafından üretilen CO₂ volümü, alveolar ventilasyon aracılığıyla akciğerden atılan CO₂ volümüne eşittir. Sistemik kandaki parsiyel arter karbondioksit basıncı da alveolar ventilasyon tarafından belirlenir. Alveolar ventilasyon yetişkinlere göre bebeklerde daha yüksek olduğundan arteriyel ve end-tidal PaCO₂ değişiklikleri ventilasyonun takibinde oldukça faydalıdır. Alveolar ventilasyon bebeklerde yetişkinlerdekini iki katıdır (100-150ml/kg/dk). Böylece inhalasyon anestezikleri ile indüksiyon ve uyanma yetişkinlerden daha hızlı olmaktadır (2,5).

GAZ TRANSPORTU

Solunum fizyolojisi ile ilgili bütün gazlar, birbirleri arasında serbestçe hareket edebilen basit moleküllerdir. Moleküllerin bu serbest hareketlerine difüzyon denir. Difüzyon vücut dokuları ve sıvılarında erimiş halde bulunan gazlar için de geçerlidir (1).

O₂ ve CO₂'nin alveoller ve kapillerler arasındaki difüzyonu pasif difüzyondur, herhangi bir enerji gerektirmez. Bu pasif difüzyonun gerçekleşmesi için basınç farkının bulunması gerekir (5).

Bebek ve çocuklarda, alveollerdeki gaz değişimi (difüzyon) yetişkinlerdekine benzer faktörlerden etkilenir. Gazların difüzyonu membran kalınlığı ile ters orantılı, yüzey alanı ile doğru orantılıdır. Difüzyonun gerçekleştiği alan 0.9 m²/kg'dır. Dokulara yeterli oksijen transportu, hemoglobin miktarına, disosiyasyon özelliklerine ve kardiyak output gibi nedenlere bağlıdır. Oksijen hemoglobine bağlı olarak ve plazmada erimiş halde taşınır, karbondioksit ise kanda erimiş halde, bikarbonat ve karbamino bileşikler şeklinde taşınır. Oksihemoglobin disosiyasyon eğrisi, PO₂ ile hemoglobinin O₂ satürasyonu arasındaki ilişkiyi gösteren eğridir (Şekil 2). Bu ilişkiye göre PO₂ önemli miktarda düşse bile O₂ satürasyonu korunabilmektedir. Eğri sola kaydığında hemoglobinin O₂'ye ilgisi artar ve dokulara O₂ sunumu azalır. Sağa kaydığında ise hemoglobinin ilgisi azalır ve dokulara O₂ sunumu artar. Fötal hemoglobin, alkaloz, PCO₂, ısı ve 2,3-difosfogliserat (2,3-DPG) düzeyinde azalma eğriyi sola kaydırırken, yetişkin hemoglobini, asidoz, PCO₂, ısı ve 2,3-DPG düzeyinde artış eğriyi sağa kaydırır. 2,3-DPG eritrositler içinde bulunan ve hemoglobinin O₂'ye olan ilgisini azaltan bir enzimdir. Fötal hemoglobine bağlanmayan 2,3-DPG, yaşamın 2-3. ayından itibaren yetişkin seviyesinin üzerine çıkar. Böylece hemoglobinlerin O₂'ye afinitesi



Şekil 2. Oksihemoglobin disosiyasyon eğrisi

Tablo 1. Yeni doğanda ve bebeklerde arteriyel kan gazı değerlerinin erişkinlerdeki ile farkı (2)

Kan Gazı	Yeni doğan	Bebek	Erişkin
pH	7.29-7.45	7.35-7.45	7.35-7.45
PO ₂ (mmHg)	50-80	80-100	80-100
PCO ₂ (mmHg)	27-40	27-41	35-45
HCO ₃ (mmol/l)	21-28	21-28	21-28
SO ₂ (%)	40-90	95-99	95-99

azalarak, bebeklik dönemindeki fizyolojik anemi kompense edilir (2).

SOLUNUMUN KONTROLÜ

Solunumun kontrolü nöral ve kimyasal sistem tarafından sağlanır. Nöral sistem, solunumun derinlik ve ritminin koordineli sürdürülmesinden sorumludur. Kimyasal sistem ise dakika ventilasyondan sorumludur ve dakika ventilasyon kan gazları ile değerlendirilir; kandaki karbondioksit ve hidrojen iyonlarının konsantrasyonu dakikalık ventilasyonu belirlerken, arteriyel kan gazı değerleri yaşa göre farklılık gösterebilir (Tablo 1) (2).

A. Solunumun Nöral Kontrolü

Solunum merkezi, medulla oblongata ve ponsa bilateral olarak yerleşim gösteren çeşitli nöron gruplarından oluşmuştur. Bu nöronlar üç ana gruba ayrılmıştır.

1. Dorsal solunum grubu: medullanın dorsal bölgesinde yer alır ve esas olarak inspirasyondan sorumludur.
2. Ventral solunum grubu: medullanın ventrolateral kısmında yer alır. Esas olarak ekspirasyonu gerçekleştirir.
3. Pnömotaksik merkez: ponsun dorsal üst kısmında yer alır. Solunum hızı ve derinliğinin belirlenmesine yardım eder.

Solunumun düzenlenmesinde dorsal solunum nöron grubu ana rolü oynar ve yaklaşık tüm medulla boyunca uzanmaktadır. Medulla retiküler madde yakınındaki çeşitli nöronların da solunum kontrolüne katkısı vardır. Nöronların tümü *nükleus traktus solitarius*'da yerleşmişlerdir. Bu bölgede aynı zamanda periferik kemoreseptörlerden, baroreseptörlerden ve akciğerlerdeki çeşitli reseptör tiplerinden uyarıları solunum merkezine taşıyan vagus ve glossofaringeus sinirlerinin duyuşal lifleri de sonlanır (1).

a. Dorsal solunum grubu nöronların ritmik inspirasyon deşarjları: Temel solunum ritmini esas olarak dorsal solunum grubu nöronları belirler. Bu alana gelen

tüm periferik sinirler bloke edilip, beyin sapı medullanın üst ve alt bölgelerinden enine olarak kesilse bile, ritmik inspirasyon dönemleri yaratan aksiyon potansiyelleri oluşmaya devam eder. Kendiliğinden tekrarlayan bu deşarjların nedeni halâ bilinmemektedir (1).

b. Ventral solunum grubu nöronları: Esas olarak ekspirasyondan sorumludur. Normal ve hafif bir solunumda aktif değildir. Egzersiz gibi ekspirasyonun aktif olduğu dönemlerde devreye girer (3).

c. Pnömotaksik merkez: Üst ponsun nükleus parabrakialis'inde dorsal olarak yerleşmiştir. Pnömotaksik merkezin esas görevi inspirasyonu sınırlamaktır. İspirasyonun sınırlanması, aynı zamanda ekspirasyonu ve tüm solunum periyodunu kısaltmak suretiyle solunum frekansını da arttıran sekonder bir etkiye sahiptir. Güçlü bir pnömotaksik sinyal, solunum frekansını dakikada 30-40'a yükseltebilirken, zayıf pnömotaksik sinyal, hızı dakikada sadece 3-5 solunuma indirebilir (1).

d. Hering-Breuer genişleme refleksi: Beyin sapındaki solunum kontrol mekanizmalarına ilave olarak, akciğerlerden kaynaklanan sinirsel uyarılar da solunum kontrolüne yardım ederler. Bunların en önemlileri, akciğerlerin her yanında bronş ve bronşiyollerin kas tabakası içinde lokalize olan ve akciğerler aşırı gerildiği zaman sinyalleri vagus sinirleri içinde dorsal solunum grubu nöronlara gönderen gerim reseptörleridir. Bu sinyaller inspirasyonu, pnömotaksik merkezden gelen sinyallerle aynı yönde etkiler. Şöyle ki; akciğerler aşırı derecede genişlediği zaman, gerim reseptörleri, inspirasyon rampasını 'kapatan' ve böylece daha ileri bir inspirasyonu durduran uygun bir geri bildirim mekanizmasını harekete geçirir. Bu, Hering-Breuer inflasyon refleksi olarak adlandırılır. Bu refleks aynı zamanda solunum hızını da arttırır (1).

B. Solunumun Kimyasal Kontrolü

Solunumun esas amacı, dokularda oksijen, karbondioksit ve hidrojen iyonlarının uygun konsantrasyonlarını devam ettirmektir. Kanda karbondioksit ve hidrojen iyonlarının fazlalığı esas olarak direkt solunum merkezini uyarır. Sonuçta solunum kaslarına giden hem inspirasyon hem ekspirasyon sinyalleri önemli ölçüde artar. Diğer yandan oksijen, solunum kontrolü açısından beyindeki solunum merkezleri üzerine doğrudan önemli bir etkiye sahip değildir. Aort cisimciği ve karotis cisimciği bulunan periferik kemoreseptörler üzerine etki eder ve bunlar, solunum kontrolü için uygun sinirsel sinyalleri solunum merkezine iletir (1).

Yeni doğanlardaki solunum kontrolü büyük çocuk ve yetişkinlerden farklıdır. Yeni doğanlarda hipoksiye yanıt başlangıçta ventilasyonun artışı, daha sonra azal-

ması şeklindedir. Bu bifazik yanıt preterm yeni doğanlarda daha abartılıdır. Miyadında doğan infantlarda ise bir kaç hafta sonra belirsizleşir (2).

Medüller solunum merkezlerinin tam gelişmemesi periyodik solunum ile sonuçlanabilir. Solunum, periyodik apnede 10-15 saniye süreyle durur. Periyodik apne insidansı term yeni doğanlarda %80 iken, preterm yeni doğanlarda %100'dür. Santral apne; solunumun 15-20 saniyeden daha uzun süre kesintiye uğramasıdır. Mekanizması tam olarak anlaşılmayan bu apne nöbetlerinde bradikardi ve siyanoz gelişir. Periyodik ve santral apneler özellikle prematür doğan bebeklerde postoperatif dönemde ciddi sorunlara neden olabilir. Anestezi, anemi, hipoksi, operasyon süresi postoperatif apne üzerinde etkilidir. Postoperatif apne nöbetleri anestezi indüksiyonunda 10mg/kg intravenöz kafein uygulaması ile %70 azalır (2).

ÇOCUK VE ERİŞKİN SOLUNUM SİSTEMİNDEKİ FARKLAR

Ağız ve burundan glottise kadar olan kısım üst, glottisten sonraki kısım alt hava yollarıdır. Erişkinlerle kıyaslandığında çocuklarda üst ve alt hava yollarında pek çok anatomik farklılık vardır. Herhangi bir solunum yolu manipülasyonuna girilmeden önce bu farklılıklar göz önüne alınmalıdır.

- Bebekler 2-4 aya kadar zorunlu burun solunumu yapar. Bu yüzden burundan geçirilen aparatlar, konjenital nazal stenoz, nazal konjesyon ve mukus belirgin obstrüksiyona neden olur.
- Dilin göreceli olarak büyük olması obstürüksiyona neden olabilir. Ayrıca laringoskopi esnasında teknik zorluklar yaratabilir.
- Hipertrofik adenoid ve tonsiller, nazofarinks ve orofarinks tıkayabilir. Bu da uykuda ve postoperatif dönemde sorun yaratabilir.
- Epiglot kısa ve kalındır. Larinjiyal girişin üstünde açılanmıştır.
- Larinks daha yukarıda (C3-4) lokalizedir. Bu yüzden düz laringoskop bıçakları eğri bıçaklara göre daha faydalıdır. Çünkü larinksin yukarıda olması laringoskopiye zorlaştırır. Buna karşın larinksin yukarıda olması sıvı gıdaların larinkse kaçmadan yutulabilmesine olanak verir.
- Vokal kordlar trakeaya doğru açılanmıştır.
- Larinks huni şeklindedir. Vokal kordlar larinksin en geniş yeridir, subglottik bölgeye doğru daralır. Bu yüzden 10 yaşına kadar **kafsız** endotrakeal tüpler tercih edilir. Kafli veya kafsız olsun, vokal kordları geçen tüpler glottisin altında ilerlemeyebilir. Kafli ya da büyük ebatlı endotrakeal tüpler mukozada iskemiye neden olabilir.

- Ventilasyon gücü yetersiz olan bebeklerde laringospazm hayatı tehdit eder.
- Larinjiyal atrezi, larinjiyal stenoz ve koanal atrezi gibi konjenital anomaliler solunumun sürdürülmesini zorlaştırır. *Down, Klippel-Feil, Pierre Robin* ve *Turner* Sendromu gibi konjenital sendromlarda laringoskopi zordur.
- Erişkinlerde önemli problem yaratmayan bronşiyolit gibi enfeksiyonlar bebeklerde belirgin solunum sıkıntısı yapar.
- On sekiz yaşına kadar larinks, trakea ve bronşların duvar kalınlığı lümen çapına göre incedir. Hava yolu çeperinin ince olması, inspiyum esnasında lümenin kolaylıkla kollabe olmasına yol açar.
- Trakea uzunluğu yetişkine göre daha kısadır. Bu durum endotrakeal entübasyon esnasında tüpün kolaylıkla bronşlara gitme riskini de beraberinde getirir.
- Erişkinlerden farklı olarak çocuklarda bronşlar eşit açı ile ayrılır.
- Göğüs yeni doğanda fıçı şeklindedir. Yaş ilerledikçe silindirik şekli alır. Etkin bir ventilasyon için erişkinlerdeki biçim ve fonksiyonda olması gerekir. Yeni doğan ve erken çocukluk döneminde interkostal kasların zayıf olması ve toraksın kıkırdak kısmının kemik kısmına oranla daha fazla olması nedeniyle, ventilasyon işlevinde diyafragma kasının etkinliği fazladır. Böylece abdominal solunum ön plana çıkar.
- Tekrarlanan hareketleri yapabilme yeteneğine sahip yüksek oksidatif Tip I kas lifleri erişkinlere göre yetersizdir.
- İntra abdominal organlar ve mediastinal yapılar solunumu etkileyecek kadar büyüktür.
- Hava yollarındaki büyüme yaş artışıyla birlikte, ilk 5 aya kadar proksimal ve distal hava yolları orantılı olarak büyür. Fakat bir yaş ve sonrasında büyüme distal hava yollarında daha fazla olur. Aynı zamanda distal hava yollarının büyümesi birbiriyle orantısızdır. Bu nedenle 5 yaşına kadar distal hava yollarındaki direnç erişkinlere göre daha fazladır.
- Çocuklarda bronşiyal kas yapısı yetersiz olduğundan özellikle ilk 6 ayda bronkospazm nadirdir. Bu nedenle obstrüktif akciğer hastalıklarında bronş spazmı bu yaş grubunda önemli rol oynamaz.
- Çocuklarda kıkırdak desteği yetersiz olduğundan bronş duvarları birbirine yapışıktır. Bu nedenle obstrüktif akciğer hastalıklarında solunumun ekspiryum fazında plevral basınç pozitif olur. Bu durum hava yolu kollapsına neden olabilir.
- Yeni doğanda alveol sayısı 24 milyon iken erişkinde 300 milyondur. Sekiz-on yaşına kadar alveol sayı-

sında hızlı bir artış olur. Bu yaştan sonra yeni alveol oluşumu belirgin olarak azalırken alveolde yapısal gelişme ön plana çıkar. Akciğer yüzey alanı ise erişkin döneme kadar 21 kat artar (2).

KAYNAKLAR

1. Hall JE, Respiration. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 12th ed. Saunders Elsevier, 2011;7:465-507.
2. Gürsoy S. Pediyatrik Hastalarda Solunumsal Özellikler. Yüksel M, Kaptanoğlu M. ed. Pediyatrik Göğüs Cerrahisi, Turgut yayıncılık, İstanbul. 2004;1:1-14.
3. Costanzo L.S. Physiology. Respiratory Physiology, 5th ed. Lippincott Williams&Wilkins, 2011;4:113-33.
4. Kunt N. Pediyatrik Göğüs Cerrahisinde Preoperatif Değerlendirme. Yüksel M, Kaptanoğlu M. ed. Pediyatrik Göğüs Cerrahisi, Turgut yayıncılık, İstanbul. 2004;5:69-88.
5. Saryal S.B, Akkoca Y.Ö. Solunum Fizyolojisi. Göğüs Hastalıkları, Poyraz, 2009:25-9.