

DİYAFRAMIN EMBRİYOLOJİ, ANATOMİ VE FİZYOLOJİSİ

EMBRYOLOGY, ANATOMY AND PHYSIOLOGY OF THE DIAPHRAGM

Serdar Evman, Mahmut Talha Doğruyol

Süreyyapaşa Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göğüs Cerrahisi Kliniği, İstanbul, Türkiye

e-mail: sevman13@yahoo.com

doi:10.5152/tcb.2013.35

Özet

Diyafram kasının kökeni, eski Yunanca'daki "bölme" anlamına gelen *diáphragma* kelimesinden gelmektedir. Anatomik olarak embriyonal yaşamda ortaya çıkan çöломik boşluğu, vücudun en geniş boşlukları olan göğüs ve batin boşluğunu ikiye bölerek birbirinden ayırır. İnervasyonu C3-C4-C5 ventral köklerden sağlanır. Diyaframın embriyolojik gelişim evrelerinin herhangi birinde oluşacak eksiklik, gecikme veya patoloji, konjenital diyafram bozukluklarına sebep olur. Diyafram, kubbe şeklinde bir anatomik yapıdır ve sağ ve sol hemidiyafram olarak ikiye ayrılır. Sağ hemidiyafram sola göre daha yukarda bulunur. Diyaframın periferik kısmını kas lifleri oluştururken orta kısmını, yani santral tendon adı verilen yapıyı non-kontraktıl aponeurozu oluşturmaktadır. Diyafram, en önemli solunum kasıdır ve vital kapasitenin yaklaşık %65-80'inden tek başına sorumludur.

Anahtar kelimeler: Diyafram, embriyoloji, anatomi, fizyoloji

Abstract

The word diaphragm originates from *diáphragma*, which means chamber in ancient Greek. It anatomically divides the cholemic space, which appears in embryological life, in two: the thorax and abdomen, the largest cavities in the human body. The innervation of the diaphragm arises from the ventral roots of C3-C4-C5. A defect, delay or pathology in one of the embryological development stages causes congenital diaphragm disorders. The diaphragm is a dome-shaped structure which splits in two as the left and right hemidiaphragm. Right hemidiaphragm is sited higher than the left hemidiaphragm. The peripheral part of diaphragm is composed of muscle fibers, whereas the middle part or central tendon consists of non-contractile aponeurosis. The diaphragm is the most important respiratory muscle and is alone responsible for 65-80% of vital capacity.

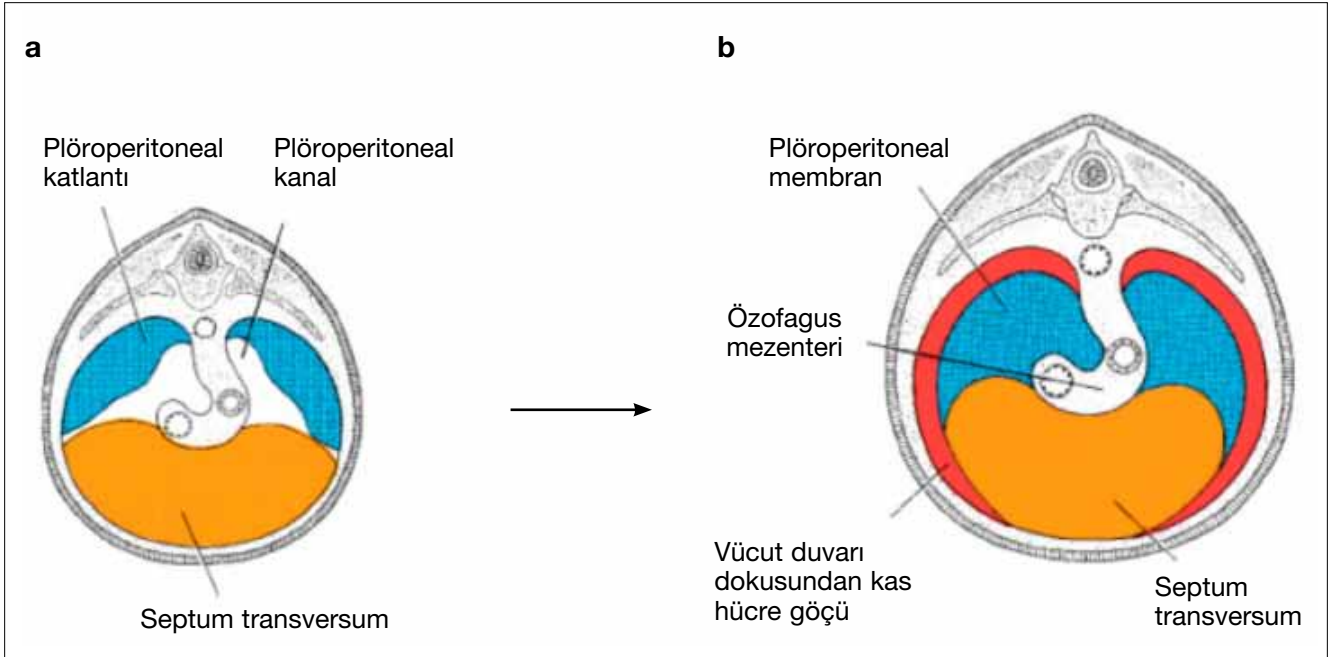
Key words: Diaphragm, embryology, anatomy, physiology

EMBRİYOLOJİ

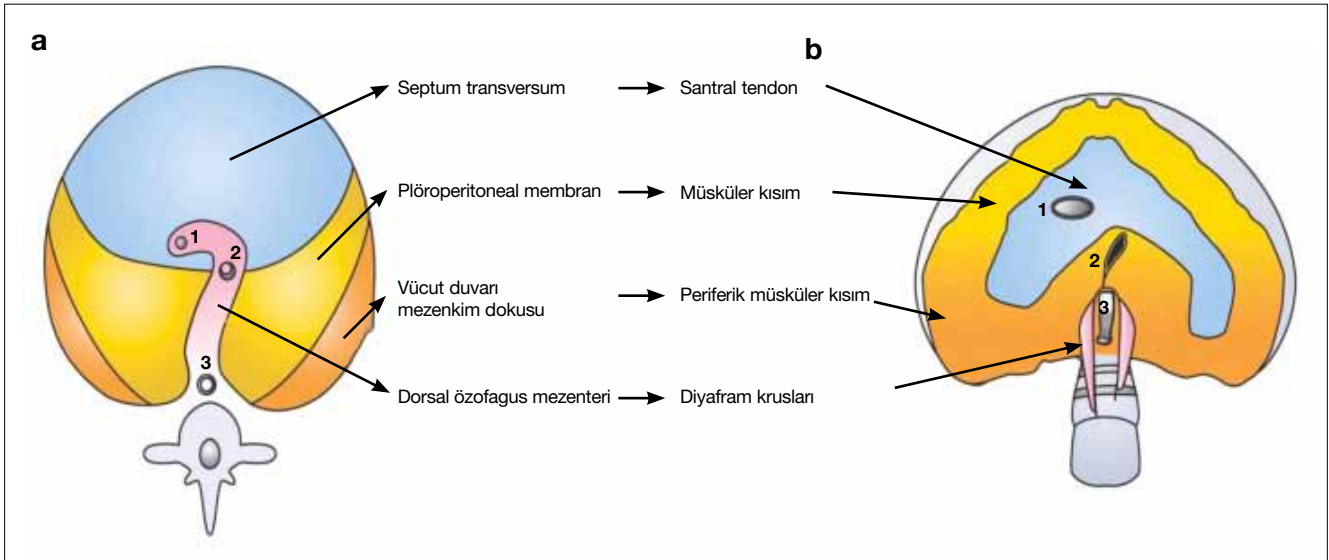
Diyafram kasının kökeni, eski Yunanca'daki "bölme" anlamına gelen *diáphragma* kelimesinden gelmektedir. Anatomik olarak embriyonal yaşamda ortaya çıkan çöломik boşluğu, vücudun en geniş boşlukları olan göğüs ve batin boşluğunu ikiye bölerek birbirinden ayırır (1).

İntraembriyonik çöлом, plevroperikardiyal ve plevroperitoneal membran adı verilen iki yapı ile, embriyolojik hayatın 3. haftasında, transvers katlanma ve longitudinal katlanma adı verilen iki aşamada perikardiyal, plevral ve peritoneal boşluk olarak bölümlere ayrılır. Diyafram, bu kısımlar arasında bir bölme olarak dört temel yapıdan kaynak alarak ortaya çıkar. Kaynaklandığı bu embriyonel yapıların en önemlisi septum transversum'dur (2,3). Kranial mezenkimin en üst bölümünden, 21-24.günlerde

ortaya çıkan kalın yapılı bu septumun innervasyonu, o anki lokalizasyonu ile uyumlu olarak komşuluğunda bulunan ve frenik sinirin prekürsörü sayılan C3-C4-C5 ventral köklerden sağlanır (2-4). Diyaframın ve ön barsak anterior mezenterin bazı kısımlarının gelişimini sağlayan septum transversum, diyaframın primitif santral tendonu olarak da adlandırılmaktadır. Embriyonel gelişimin 4.haftasında başlayan aşağı iniş safhasında frenik sinir ile beraber seyrederek, servikal vertebral bölgeden aşağı doğru, perikard yanından da geçerek yaklaşık 8.haftada normal pozisyonuna ulaşır (3). Bu iniş esnasında, gelişmekte olan abdominal duvarın kas lifleri, özofagusu çevreleyen mezoderm (mezoözofagus) ve plöroperitoneal katlantılar adı verilen plevra ve periton dokuları ile birleşim göstererek bu dört ana yapı başkalaşımına devam eder ve diyaframı oluştururlar (Şekil 1) (4-6). Ayrıca bu haftada plöroperitoneal membranların hipertrofiye olması ve



Şekil 1. Diyafram embriyolojik gelişiminin (a) 5. hafta ve (b) 16. hafta evreleri (6)



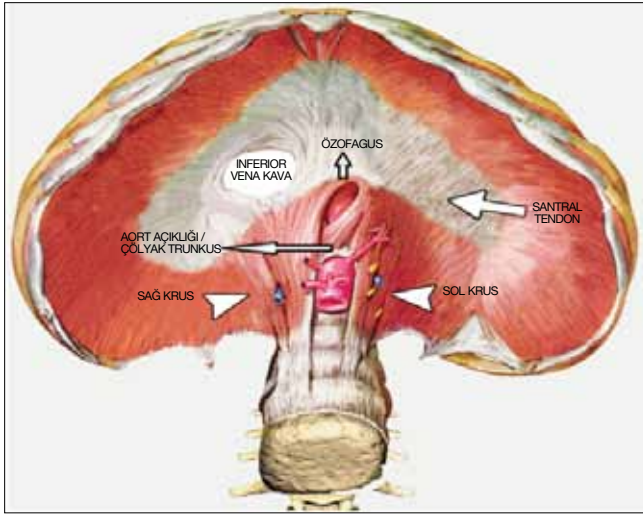
Şekil 2. Diyafram gelişimine katılan 4 embriyolojik (a) yapı ve (b) başkalaşımaları

batın içi organların gelişimi sonucunda plöroperitoneal kanallar kapanmaya başlar (7).

Lateral somatik tabaka mezoderminden gelen myoblastlar ile gittikçe güçlenip kalınlaşan transvers septum, ilkel özofagus dokusunun her iki tarafındaki perikardiyoperitoneal kanalları kapatarak periton ve plöro-perikardiyal boşlukları birbirinden ayıran bir bariyer halini alır (3,8,9). İlkel özofagusu çevreleyen dorsal mezenkim ise, aynı yönde ilerleyerek diyaframın müsküler kruslarını oluşturur. Septum transversumun üst kısımları ise santral tendonu oluşturur ve müsküler diyaframı oluşturacak plöroperitoneal katlantıların

üzerini kaplayan myoblastların da kaynağını teşkil eder (3-5,9) (Şekil 2). 9-12. haftalarda plevral kaviteler genişler, lateral göğüs duvarını kaplar ve aşağı doğru uzanır. Vücut duvarı dokusu bu etki ile iki tabakaya ayrılır: Dış tabaka kalıcı vücut duvarını oluştururken iç tabaka ise plöroperitoneal membranlar tarafından oluşturulmayan, en lateral diyafram kruslarını oluşturur. Bu sayede diyaframın kostofrenik sinüsleri ortaya çıkar (5,8).

Diyafram gelişimi sürecinde, özellikle 15.kromozomun uzun kolunda (15q) bulunan bazı genlerin hayati rol oynadığı düşünülmektedir (4). Embriyolojik gelişimi



Şekil 3. Diyaframın anatomik açıklıkları (abdominal görüntü)

sürecindeki bir diğer önemli etken ise, 4.haftadan itibaren gelişimlerini beraber ve yakın komşuluk içinde geçirdiği özofagus, akciğer ve kalp gibi organların gelişmeleri ve onların da etkisi ile migrasyon göstermesidir (2,4,5,10). Bu evrelerin herhangi birinde oluşacak eksiklik, gecikme veya patoloji, konjenital diyafram bozukluklarına ve diğer sistemlerin gelişiminde de patoloji ortaya çıkmasına sebep olacaktır.

ANATOMİ

Diyafram, torasik kaviteyle abdomeni birbirinden ayıran kubbe şeklindeki anatomik yapıdır ve sağ ve sol hemidiyafram olarak ikiye ayrılır. Sağ hemidiyafram sola göre daha yukarda bulunur. Bunun sebebi sağ tarafta karaciğerin alttan basısı ve solda kalbin ağırlığı nedeniyle sol tarafın aşağıda olması şeklinde açıklanabilir (7,11).

Diyaframın periferik kısmını kas lifleri oluştururken orta kısmını, yani santral tendon adı verilen yapıyı non-kontraktıl aponeurozu oluşturmaktadır. Kas liflerini üç ayrı yapı oluşturur. Bunlar: 1-Vertebral kısım, 2- Kostal kısım ve 3- Sternal kısımdır. Vertebral kısmı iki adet krus ve arkuat ligamanlar meydana getirmektedir. Sağ krus L1-L3 vertebraların sağ ön yüzleri ve intervertebral disklerden köken alırken, sol krus L1-L2 vertebralardan köken alır. Arkuat ligamanlar ise fibröz yapıdadır ve üç kısımları bulunmaktadır. Lateral arkuat ligamanlar kuadratus lumborum kasının üzerinde, medial arkuat ligamanlar ise psoas majör kasının üzerindeki fasya kalınlaşmalarındırlar ve her iki tarafta birer adet mevcuttur. Medyan arkuat ligaman ise sağ ve sol krusların arasında kalan ve aortu önden saran fasya tabakasına verilen isimdir. Diyafram kas liflerinin kostal kısmı, alttaki altı kosta ve kostal kartilajlardan köken

alırken, sternal kısmı ise sternumun ksifoid çıkıntısından başlamaktadır (4,12).

Periferik kas lifleri diyaframın orta kısmında birleşip santral tendonu oluştururlar. Bu tendon üç yapraklı bir yoncaya benzetilebilir. Sağ ve sol yaprakçığı kubbeyi oluştururken, ön yaprakçığın üst tarafı perikard ile kısmen birleşmiş halde bulunur. Diyaframın etrafı ise plevra ve peritonun ince tabakaları tarafından sarılmıştır (11).

Diyafram, ventilasyonun temel kasıdır. Günlük yaşam sırasında diyaframın şekli solunum, postür, vücut pozisyonu ve gastrointestinal sistemi oluşturan organların doluluk oranına göre değişiklik gösterir. İnspiryum sırasında diyaframın kasılmasıyla birlikte torasik kavite genişler. Diyafram gevşediği zaman ise aynı anda abdominal kaslar kasılır ve ekspirasyon gerçekleşmiş olur. Diyafram hareketlerinin abdominal organlar üzerinde, inspiyumla karaciğer alt sınırının aşağıya inmesi gibi, direkt etkileri bulunmaktadır. Maksimum inspiyasyonla diyaframın sağ ve sol kubbeleri 6-8 cm aşağıya inerler. Dik dururken maksimum ekspirasyonla diyaframın sol kubbesi beşinci kaburgaya kadar çıkarken, sağ kubbe dördüncü kaburgaya ulaşmaktadır (8,13).

Diyafram üzerinde üç adet anatomik açıklık bulunmaktadır. Aort, duktus torasikus ve genellikle vena azigos T12 seviyesinde iki krus arasından lomber vertebraların ön kısmından geçer. Özefagus, nervus vaguslar, sol gastrik arter ve veni T10 seviyesinde sağ krusun lifleri arasından orta hatta santral tendonun hemen posteriorundan geçer. Vena cava ise sağ frenik sinirle birlikte T8 seviyesinde santral tendonun sağ yaprakçığının anteriora yakın kısmından geçmektedir. Sol frenik sinir ise sol yaprakçığın anteriorundan diyaframı delerek seyreder (Şekil 3) (4,12).

Diyaframın arter, ven ve sinirleri alt kısımda yer alır. Arteriyel dolaşımını genellikle direkt olarak aortadan veya onun üst abdominal dallarından alır. İnferior frenik arter diyaframın abdominal yüzünde kubbenin posterior kısmında sağ ve sol frenik arter olarak ikiye ayrılır (Şekil 4). Venöz dönüş ise genellikle benzer şekilde inferior vena kava'ya olmaktadır (11,12).

Diyaframın anterior ve lateral lenfatik kanalları, internal mamaryan ve anterior peridiyafragmatik lenf nodlarına dökülürken, posterior lenfatikler periaortik ve posterior mediyastinal lenf nodlarına dökülür. Bu istasyonlar daha sonra torasik duktus, internal torasik venler ve mediyasteninin içinden asendan seyirle perit-rakeobronşiyal lenf düğümlerine kadar drene olurlar (3,14).

Diyafram frenik sinirler tarafından innerve edilir. Bu sinirler C3-5'ten köken alır. Sağ frenik sinir vena kavayla birlikte diyaframın inferioruna geçtikten sonra

anterior, lateral ve posterior olmak üzere üç adet dal verir. Sol frenik sinir de karşı tarafta benzer dalları vermektedir. Torasik yüzeyde ise frenik sinir toplumun %75'inde kelepçe şeklinde bir dağılım gösterir ve diyafram insizyonu sırasında olası bir arteriyel veya frenik sinir hasarını önlemek açısından bu dağılıma dikkat edilmelidir ve mümkün olduğunca lateralden, daire - hilal şekilli kesiler kullanılmalıdır (4,12-14).

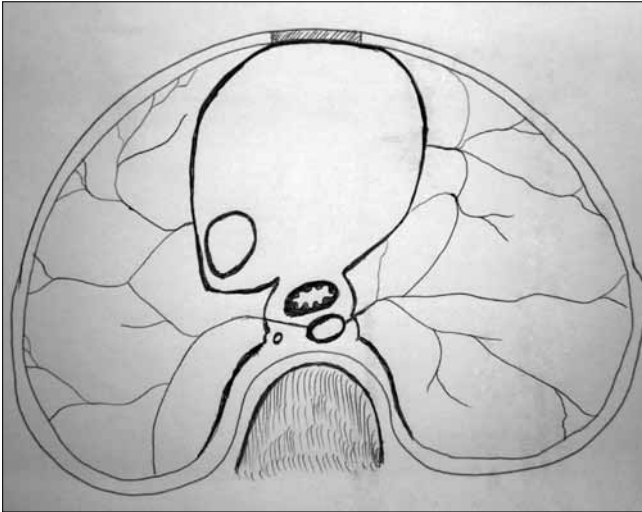
FİZYOLOJİ

Diyafram ve solunum fizyolojisi üzerine yapıldığı bilinen ilk çalışmalar, MÖ. 9. yy.'da Homer tarafından yapılmıştır ve eski Yunan döneminden beri diyafram, bir anatomik yapı olarak tanımlanmaktaydı. MÖ 6. ve 5. yy.'larda yaşamış filozoflar Empedocles ve

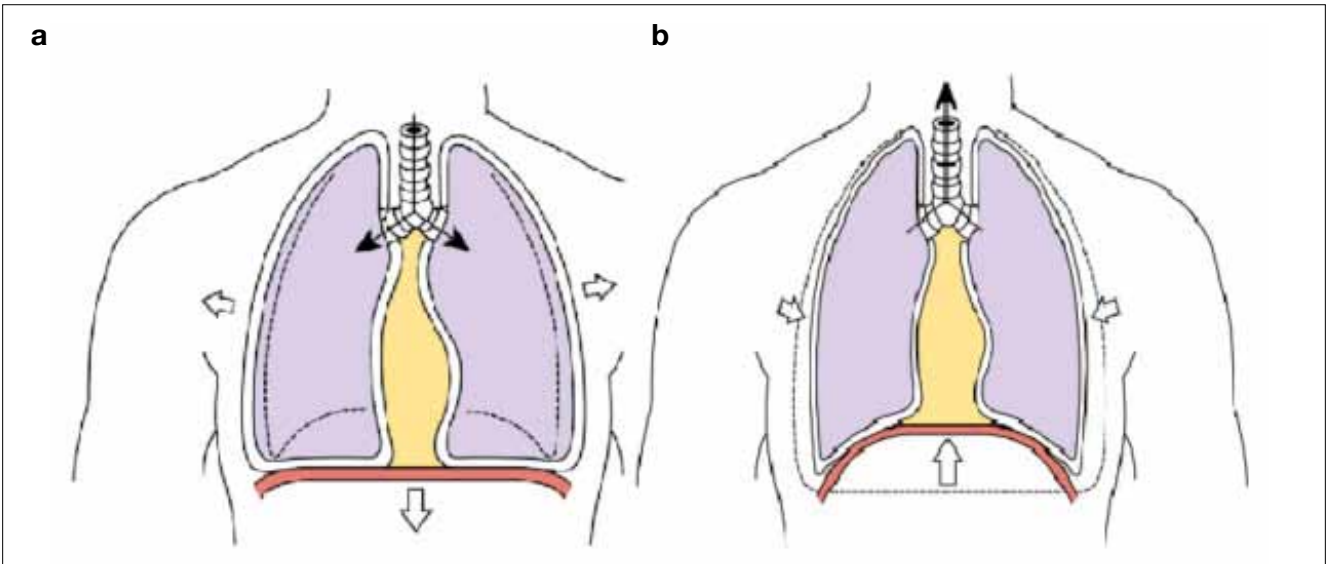
Erasistratus, ilk defa solunum fizyolojisi ile ilgili araştırmalar yapmış ve diyaframın bir solunum kası olduğunu belirtmişlerdir. Bu tezleri birçok bilim insanı tarafından incelenmiş, ama evrensel olarak kabul görmesi MS 2. yy.'da yaşamış Galen sayesinde olmuştur (15).

Diyafram, genellikle bir solunum kası olarak ele alınmasına karşın aslında diğer solunum grubu kaslardan farklı olarak 4 tip kas lifinden oluşmaktadır. Tip 1 lifler, yavaş lifler olarak adlandırılır, yüksek oksidatif metabolizmaları ile yorgunluğa dirençli gruptur. Tip 2a, 2b ve 2x olarak adlandırılanlar ise hızlı grup olarak adlandırılır; hızlı kasılmaları yanında çabuk yorulma özelliğine sahiptirler. Diğer çizgili kaslarda çoğunlukla Tip 2'ler bulunurken diyafram kasında ise Tip 1-Tip 2 oranı birbirine eşittir. Yavaş gerilen lifler devamlı soluk alıp-vermede görev yaparken hızlı grup lifler genellikle aktif veya eforlu nefes alış-veriş sırasında işlev görürler (16).

Diyafram, en önemli solunum kasıdır ve vital kapasitenin yaklaşık %65-80'inden tek başına sorumludur. Kasıldığı zaman, lateral kenarlarının bağlı olduğu T12 seviyesine kadar santral tendon aşağı inebilir, toraks kavitesinin hacmini artırır ve Boyle-Mariotte yasasında belirtildiği gibi intratorasik basınçta düşmeye sebep olup alveollere atmosferden hava akımı oluşmasına yol açar (8,10). Derin bir inspiryum - ekspiryum arasında pozisyonu 7-8 cm oynayabilir (Şekil 5) ve her 1 cm hareket, toraks hacmini yaklaşık 300-400 cc genişletmektedir (13,17,18). Diyaframın aşağı inmesi ayrıca intraabdominal basınç artışına ve yüzen kostalarda yana açılmaya sebep olur ve mekanizma ile de solunuma katkı sağlar. Kas motor lifleri kasılması ekspiryum başlaması ile azalır ve ikinci yarısında sıfır aktivite seviyesine ulaşır ve hemen ardından düşük amplitüdü kasıl-



Şekil 4. Diyafram arteriyel beslenmesi (abdominal görünüm)



Şekil 5. (a) Derin inspiryum ve (b) ekspiryum sırasında diyafram pozisyonu ve toraks kavitesi hacimleri

malar oluşur. Bu mekanizma ile ekspiryum sonunda bir miktar da olsa kas kontraksiyonu varlığı, akciğerlerin tamamen kollabe olmasına mani olur (7).

KAYNAKLAR

- Campbell NA, Reece JB, Urry LA, Cain ML, Wasserman SA, Minorsky PV, Jackson RB, ed. Biology, 8th ed. Sydney:Pearson/Benjamin Cummings Co; 2008:334
- Pansky B. Review of medical embryology. Philadelphia: Macmillan Medical Publishings; 1982:131-44
- Persaud TVN. Body cavities, mesenteries, and diaphragm. In Moore KL , ed. The Developing Human: Clinically Oriented Embryology, 7th ed. Collingwood: Saunders; 2002:145-58
- Moore NA, Roy WA, ed. Rapid review gross and developmental anatomy, 2nd ed. California: Mosby; 2006:58-67
- Mayer S, Metzger R, Kluth D. The embryology of the diaphragm. Semin Pediatr Surg 2011;20:161 [\[CrossRef\]](#)
- Sadler TW. Development of the diaphragm. In Sadler TW ed. Langman's Medical Embryology Baltimore: Williams and Wilkins; 2004:Figure 10-6
- Özkan S. Diyafram evantrasyonu ve cerrahi tedavisi. In Yücel O, Genç O, ed. Torasik Konjenital Anomaliler ve Cerrahisi. Ankara: Derman Tıbbi Yayıncılık; 2011:88-98
- Harrison GR. The anatomy and physiology of diaphragm. Springer Specialist Surgery Series 2005;45-58
- Clugston RD, Greer JJ. Diaphragmatic development and congenital diaphragmatic hernia. Semin Pediatr Surg 2007;16:94-100 [\[CrossRef\]](#)
- Keith A. The nature of the mammalian diaphragm and pleural cavities. J Anat Physiol 1905;39:243-84
- Shields TW. Embryology and anatomy of the diaphragm. In Shields TW, LoCicero J, Reed CE, Feins RH, ed. General Thoracic Surgery, 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2009:690-2
- Ellis H. The diaphragm. In Ellis H, ed. Clinical Anatomy "Applied anatomy for students and junior doctors", 11th ed. Massachusetts: Blackwell Publishing; 2006:14-8
- Faller A. The diaphragm. In Faller A, Schuenke M, Schuenke G, ed. The Human Body "An introduction to structure and function". Stuttgart-New York: Thieme; 2004:149
- Limmer KK, Kernstine KH, Grannis Jr. FW, Weiss LM. Diaphragmatic diseases, benign or malignant. In Sugarbaker DJ, Bueno R, Krasna MJ, Mentzer SJ, Zellos L, ed. Adult Chest Surgery. China: Mc Graw-Hill Companies; 2009:1054-7
- Derenne JP, Debru A, Grassino AE, Whitelaw WA. The earliest history of diaphragm physiology. Eur Respir J 1994;7:2234-40. [\[CrossRef\]](#)
- Polla B, D'Antona G, Bottinelli R, Reggiani C. Respiratory muscle fibres: specilisation and plasticity. Thorax 2004;59:808-17 [\[CrossRef\]](#)
- Venuta F, Rendina EA. Diaphragm: anatomy, embryology, pathophysiology. In Patterson GA, Pearson FG, Cooper JD, et al, ed. Pearson's Thoracic and Esophageal Surgery, 3rd ed. St. Louis (MO): Elsevier; 2008:1367-79 [\[CrossRef\]](#)
- Tunçel N, Aydın S, Zeytinoğlu M. Solunum sistemi. In Aydın S, ed. İnsan Anatomisi ve Fizyolojisi. Eskişehir: Anadolu web ofset tesisleri; 2013:177-96