

Kuşlarda Hava Keselerinin (Sacci pneumatici) Morfolojisi ve Fonksiyonel Özellikleri

Serkan ERDOĞAN*, Mehmet KILINÇ*

*Dicle Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, 21280 Diyarbakır/TÜRKİYE

Özet

Hava keseleri doğrudan akciğerler ile bağlantı sağlayan ince membranöz yapılar olup solunum sistemi hacminin büyük kısmını oluşturmaktadır. Bu derlemede kuşlara özgü yapılar olan hava keselerinin morfolojik ve fonksiyonel özellikleri açıklanmıştır.

Anahtar kelimeler: Fonksiyon, hava keseleri, kuş, morfoloji.

Morphology and Functional Characteristics of Air Sacs (Sacci pneumatici) in Birds

Summary

The air sacs are thin membranous structures connected to lungs directly and they comprise most of the volume of the respiratory system. In this review, morphological and functional characteristics of air sacs peculiar to birds were revealed.

Key words: Air sacs, bird, function, morphology.

Giriş

Solunum, metabolizmanın devamlılığı için hayati öneme sahip olan fonksiyonlardan birisidir. Bir canlının metabolik faaliyet oranı dokularına oksijen taşınmasına aracılık eden solunum sistemine ait gaz değişim ünitelerinin kapasitesi tarafından belirlenir. “Nefes aldığım sürece” ve “hayat öpücüğü” gibi popüler deyimler bile yaşamın devamlılığı için nefes almanın ne kadar önemli olduğuna işaret etmektedir. Hayat için bu kadar önemli bir fonksiyona sahip olan solunum sisteminin daha iyi anlaşılabilmesi, anatomik ve fizyolojik özelliklerinin daha iyi bilinmesi ile paralellik gösterir. Hayvanlar aleminde solunum sisteminin evrimi, oksijen ihtiyacını gidermek adına respiratör oluşumlar arasında şartıcı bir çeşitlilik doğurmuştur. Türler arası varyasyonlar hakkında sınırlı bilgiye ulaşılması ve literatürde kullanılan terminoloji bakımından bir ittifakın bulunmaması konuya olan ilgiyi güncel tutmaktadır (1-3). Bu nedenle omurgalılar arasında farklı özelliklere sahip olan türlerden biri olarak kuşlarda, solunum sisteminin özelleşmiş yapılarından biri olan hava keselerinin morfolojik ve fonksiyonel özelliklerinin açıklanması amaçlanmıştır. İsimlendirmeler yapılırken *Nomina Anatomica Avium*’ dan yararlanılmıştır (4).

Kuşların en önemli özelliklerinden birisi onları diğer hayvan türlerinden ayıran uçuş üstünlüğüdür. Yapısal ve fonksiyonel gelişimlerinin büyük bir kısmı uçuşu kolaylaştıracak şekilde tasarlanmıştır. Kanat yapısının aerodinamik özelliklerine de bağlı olan uçuş mekanizması kompleks bir olay olup; yerden yükselme, kanat çırpılarak uçma, ve havada asılı kalabilme gibi uçuşa özgü hareketler çok fazla enerji gerektiren durumlardır. Bir kuşun uçuş düzeyine erişebilmesi için tükettiği oksijen miktarı normalden 10-15 kat, kısa bir periyotta tırmanarak uçması için ise 30 kat daha fazladır (5, 6). Bundan ötürü kanatlı solunum sistemi, uçuşun gereklerini ve yüksek metabolik enerji ihtiyacını karşılayacak yüksek verimlilikte bir kan-gaz değişimi sağlamak için özel bir gelişim göstermiştir. Kuşlardaki solunum sistemi, kemikler içinde şekillenmiş hava boşlukları ile ilişkili olup vücut ağırlığının azaltılmasına yardımcı olurken aynı zamanda termoregülasyonda da hayati bir rol oynar. Vokalizasyonda da sorumlu olan bu sistem, birtakım özellikler bakımından memeliler ile benzeşse de anatomik ve fizyolojik yapısı bakımından önemli ölçüde farklılıklar gösterir (5, 7-9). Temelde tüm omurgalılarda pulmoner gaz alışverişi, ventilasyon süreci ve kan akımı tarafından

etkilenen ve kan-hava bariyerinde oksijen difüzyonu ile sonuçlanan generalize bir model oluşturur. Ancak basit, tek kamaralı kese benzeri akciğerlere sahip olan amfibi ve sürüngenlerden farklı olarak, hem memeliler hem de kuşlar omurgalılar arasında en yüksek metabolik aktiviteye ve en kompleks akciğer yapısına sahip olan hayvanlardır. Memelilerde solunumun temel organı olan akciğerler homojen olarak bölünen hava yollarına sahiptir. Ventilasyon ve hava değişimi respiratör bronşiyoller, alveolar kanallar ve yüzlerce alveol tarafından gerçekleştirilir ve total akciğer hacminin % 20'sinden daha azı sadece ventilasyon fonksiyonunu üstlenir. Oysa kuşlarda nispeten daha küçük olan akciğerler heterojen yollarla bölünmüş olup, total olarak ventilasyon ve gaz değişimine katılır. Memelilerde bulunmayan hava keseleri de sistem hacminin yaklaşık % 90'ını işgal eder ve geriye kalan % 10'luk bölümü ise, memelilerde ki alveollerin analogu olan, parabronchi olarak adlandırılmış gaz değişim ünitelerini içeren akciğerler oluşturur. Memelilerde sadece trachea yoluyla gelen hava, ardışık olarak bölünen bronkuslar aracılığıyla kör olarak sonlanan alveollere iletilir. Kuşların akciğerinde gaz değişimi yapan parabronchi ise, paralel olarak düzenlenmiş olup hem trachea hem de hava keselerinden gelen havayı kendisine ileten sekonder bronkus sonlanmaları ile bağlantılar kurmaktadır. Kuşlarda tek memelilerde çift yönlü hava akımı söz konusudur. Solunuma yardımcı olan diaphragma'nın fonksiyonunu da kuşlarda büyük ölçüde sternum üstlenir. Memelilerde sadece hava transportunu sağlayan trachea ve bronchus primarius, kuşlarda syrinx adı verilen ses oluşumundan sorumlu organın yapısına da katılırlar (1, 3, 9, 10).

Solunum sistemi nares ile başlar; cavum nasi ve concha'lar, larynx, trachea, syrinx, ekstrapulmoner ve intrapulmoner bronchus primarius, bronchi secundarii ve bronchus tertius ile devam eder ve bunlarla ilişkili olan hava keseleriyle (sacci pneumatici) son bulur. Solunum sisteminin son kısmını oluşturan keselere dolan hava kanatlıların vücut ağırlığını arttırmadan hacimlerini arttırarak ve bazı kemikleri pnömatize ederek uçuşu kolaylaştırdığı gibi akciğerleri tek yönlü olarak ventile eder ve solunan havadan maksimum düzeyde istifade etmeye olanak sağlar. Bu bakımdan kuşlar için son derece önemli oluşumlardır (9, 11, 12).

Hava keselerinin morfolojik özellikleri

Hava keseleri ostia aracılığıyla primer ya da sekonder bronkuslara bağlanmış ince membranöz yapılardır ve solunum sistemi hacminin büyük bir kısmını oluştururlar. Hava keselerinin vaskularizasyonu oldukça zayıftır ve gaz değişimine doğrudan katılmazlar, fakat bir körük gibi akciğerleri sürekli olarak ventile ederler. Bazıları oluşturdukları

divertiküller vasıtasıyla bir takım kemikleri pnömatize ederken bazıları da iç organ ve kasların arasına sokulurlar (9, 12).

Kanatlı embriyosunda 6 çift hava kesesi mevcuttur, ancak kuşların çoğunluğunda, 2 çift kese yumurtadan çıkıştan sonra birleşerek tek ve median yerleşimli bir kese olan saccus clavicularis'i şekillendirir. Evcil kanatlılar ve yine diğer türlerin bazılarında klavikular keseye ilaveten bir çift kese daha median hatta birleşerek saccus cervicalis'i oluşturur. Diğer 3 çift kese (saccus thoracicus cranialis, saccus thoracicus caudalis ve saccus abdominalis) ise birleşmez ve çift olarak kalır. Bu durumda yetişkin bir evcil kanatlıda, iki tek ve 3 çift olmak üzere toplam 8 adet hava kesesi bulunur (11, 12). Bunlar;

- ❖ Saccus cervicalis (tek)
- ❖ Saccus clavicularis (interclavicularis) (tek)
- ❖ Saccus thoracicus cranialis (çift)
- ❖ Saccus thoracicus caudalis (çift)
- ❖ Saccus abdominalis (çift) 'tir.

Bu keselerden başka leylek, pelikan, turna, yaban ördeği ve balıkçıda ayrıca subkutan hava keselerinin de bulunduğu bildirilmiştir. Evcil kanatlılarda bu keseler bulunmaz (1, 12, 13).

Saccus cervicalis

Ostium cervicale vasıtasıyla ventrobronchus cervicalis'ten başlangıç olarak akciğerlerle irtibat sağlayan, embriyonal dönemde bilateral simetrik yerleşimli çift hava keseleridir. Trachea ve esophagus'un dorsali ile akciğerler arasında, boyun kaslarının ventrolateralinde uzanan divertiküller sistemi görünümündedir (8, 12). Uzamış tubuler parçası, 3-5. vertebrae thoracicae'dan 2-3. vertebrae cervicales'e kadar columna vertebralis'e eşlik eder (8, 14, 15). Merkezi parçası ise klavikular hava kesesi üzerinde proventriculus'un caudaline kadar uzanır, aynı zamanda kursak ve esophagus ile de ilişkilidir. Şekillendirdiği divertiküllerden biri diverticula vertebralia olup, columna vertebralis'in her iki yanında, biri canalis vetebralis'in içinde, diğeri dışında öne ve arkaya doğru uzanan tubuler yapılardır. Dışarıda uzanan bölüm (diverticula supravertebralia) processus articularis'ler üzerinde atlas'ın cranialine kadar ulaşır. Canalis vertebralis içerisinde uzanan bölüm (diverticula supramedullaris) foramina intervertebralia yoluyla kanal içerisine geçer ve çok ince dallar vermek suretiyle 1.vertebra cervicalis'e kadar kanal içerisinde seyrederek (8, 11-13, 16). Evcil kuşlarda ilk iki (12, 17-19), kızıl şahinde ilk dört (20), yeşil başlı ördekte (13) ve bir papağan türü olan sülfür tepeli kakaduda (15) ilk servikal vertebra hariç vertebra cervicalis'lerin tamamı, keklik (21) ile bildircinde (16) ise tüm omurlar, komplike dallanmalar tarzında oluşan bu divertiküller sistem aracılığıyla pnömatize

edilmiş olur (8, 11, 12). Bazı kuşlarda diverticula intermuscularia adı verilen divertiküller de bulunur. Bu divertiküller boyun kaslarını örter (13, 20, 21). Bazılarında ise iki akciğer arasında cranioventral yönde uzanan ve diğer divertiküllere kıyasla daha küçük olan diverticulum interpulmonale de mevcuttur (19-21).

Saccus clavicularis (interclavicularis)

Saccus clavicularis, lateralde ve medialde birer çift olmak üzere 4 primordial keseden köken alır. Her bir tarafa ait lateral ve medial kese çifti kendi arasında birleştikten sonra median hatta birbiriyle birleşmek suretiyle tek bir klavikular keseyi şekillendirir (8, 12). Erişkinlerde oldukça geniş olan bu kese trachea'nın altında ve kanatların gövdeye bağlandığı bölgede lokalize olup apertura thoracis cranialis'i tamamen örter (12, 13, 16, 20, 21).

Saccus clavicularis her iki tarafta, ostium claviculare aracılığı ile ventrobronchus clavicularis'ten başlangıç alır. Furcula'dan basis cordis'e, costa'lara, kalp, akciğer, os coracoides ve sternum'un cranial kısmına kadar uzanır (8, 11). Omuz kemeri ve sternum tarafından kuşatılmış vaziyette bulunur (16, 20, 21). Kendisi ise ventralinde uzanan trachea, syrinx, esophagus gibi organları ve kalbe giren-çıkan büyük damarları kuşatır. Klavikular hava kesesinin her biri birkaç divertiküle sahip olan merkezi, sağ ve sol cranial ve en son caudal olmak üzere birtakım bölümleri ayrılabilir (8).

Saccus clavicularis, kalbin etrafında ve sternum boyunca uzanan intratorakal divertiküller ile göğüs kasları ve omuz eklemi arasında yayılan ekstratorakal divertiküllere sahiptir. Diverticulae intrathoracica, sternum boyunca uzanan diverticula sternalia ile kalbin etrafında yer alan diverticula cardiaca'dan ibarettir (12, 19). Klavikular kesenin pozisyonuna uygun olarak caudal bölümünden orijin alan ve kalbi saran bu divertikül sistemi, eskiden diverticulum subcordale ve diverticulum supracordale isimli divertiküller ile ifade edilirdi (8, 11). Diverticulae extrathoracica ise; scapula, thorax ve servikal kese arasında uzanan diverticulum subscapulare (16, 19-21), mm.pectorales altında yer alan diverticulum subpectorale, caput humeri'yi örten diverticulum suprahumeralde, omuz bölgesindeki kaslar arasında dağılan, özellikle os coracoides ve sternum'u pnömatize eden diverticulum axillare ile çoğu türlerde diverticulum axillare tarafından şekillendirilen ve humerus'u pnömatize eden diverticulum humerale'yi içerir (8, 16, 19-21). Diverticulum humerale kemiğin proksimal ucunun medialinde yerleşmiş pnömatik delik yoluyla humerus'u hemen hemen tamamen doldurur (8, 13, 20). Kızıl şahinde bu divertikülün proksimal parçası oldukça gelişmiştir (20).

Diverticulum humerale birçok kuşta humerus'u havalandırırken (11, 18, 22, 23) bıldırcınlarda humerus havalı değildir (16). Devekuşunda da diverticulum humerale görülmez ve bunun yanında diğer kuşlardan farklı olarak klavikular kesenin proventriculus ve ventriculus'un caudal yüzünü örten oldukça geniş gastrik bir divertikülü mevcuttur (24).

Klavikular ve servikal kese arasında çok sayıda kan damarı, sinirler, esophagus, trachea, syrinx ve ilgili kaslar yer alır (8). Bazı kuşlarda ise servikal ve klavikular hava keseleri bağımsız olmayıp birbirinin devamı şeklinde de (saccus cervicoclavicularis) bulunabilir (15, 17, 19).

Saccus thoracicus cranialis

Genellikle çift olup ana bronchus'un girdiği yerin caudomedialinde bulunan ostium intermedium craniale aracılığı ile en lateralde bulunan ventrobronchus caudalis'ten çıkan ve dorsolateral yönde uzanan az çok simetrik yastık benzeri yapılarıdır (8, 12). Kesenin medialinde kalp, karaciğer, esophagus'un caudal parçası ve proventriculus yer alır (16, 20). Septum horizontale ile göğüs ve karın duvarı tarafından sınırlandırılmış, cavum subpulmonale'de yerleşmiş ve caudalde son costa'ya kadar ulaşan bu keseler, divertikül şekillendirmezler (8, 11, 12, 16-19). Ancak bazı kuşlarda bu keseye ait olarak diverticulum cardiale ve diverticulum subcardiale bulunabilir. Saccus thoracicus cranialis, son ikisi hariç sternal costa'ları ventile eder. Yine bazı türlerde sternal costa'ların havalandırılmasına ek olarak subkutan divertiküllere de rastlanır (20, 21).

Saccus thoracicus caudalis

Genellikle çift olup ostium intermedium (thoracicus) caudalis aracılığı ile bronchus intermedius (thoracicus) caudalis'ten çıkarlar. Saccus thoracicus cranialis'in caudalinde dorsolateral pozisyonda sağlı sollu olarak yerleşirler (8, 12). Soldaki sağdakinden daha caudale uzanır ve kısmen mideyi de örter. Asimetrik olan bu sağ ve sol keseler ayrıca akciğer, karaciğer, sacci abdominales ve bağırsaklarla temastadır (11, 19). Bazı kuşlarda ise medialde saccus abdominalis ve saccus thoracicus cranialis bulunduğu hiçbir organla temas kurmaz ve hiçbir kemiği pnömatize etmezler (12, 16, 20, 21). Bazı türlerin dışında (13) saccus thoracicus cranialis'e kıyasla daha küçüktürler ve divertikül şekillendirmezler (15, 19). Beyaz pekin ördeğinde bu kese mevcut değildir (25).

Saccus abdominalis

Tüm kuşlarda çift olarak bulunan bu keseler mesobronchus'un devamı niteliğinde olup ostium

caudale'den başlangıç alırlar. Her bir abdominal kese akciğerden çıktığı noktada horizontal septum'u deler. Dorsalde böbreklerle temas halindedir ve akciğerlerin caudal ucundan pelvis boşluğuna kadar uzanırlar. Lateral yüzeyleri karın ve pelvis duvarları ile temasta iken, medial yüzeyleri her iki taraftaki abdominal organları sarar. Şekillendirdikleri divertiküller bazı karın organları arasına ve bu organlarla karın duvarı arasına girerler. Üçüncü çift perirenal divertikülü (diverticulae perirenalis) böbrekler, pelvis ve synsacrum arasında dorsale doğru uzanır (8, 11, 12). Birçok türde görülen femoral divertikül (diverticula femoralis) arka ekstremitenin kaslarına ve kemiklerine ulaşır. Ancak her kuşta femur'un içine girmez (16, 26). Devekuşunda ise gelişmiş bir delik vasıtasıyla kemik havalandırılır (24).

Abdominal keseler hava keseleri içinde en geniş olup, yapay olarak şişirildiğinde oldukça büyük bir kapasiteye sahiptir ancak organizma içerisindeki çok sayıda düzensiz aralık keselerin hacmini sınırlandırır (8, 12). Yeşil başlı ördek, sülfür tepeli kakadu ve bildircında sağdaki soldakinden daha hacimli iken (13, 15, 16), Denizli horozu ve kızıl şahinde soldaki sağdakinden daha hacimlidir (18, 20). Kaz ve keklikte ise hacimleri neredeyse eşittir (19, 21).

Gaz değişimine katılmayan hava keselerinin akciğerlerle bağlandıkları noktada iç yüzeyleri kübik veya prizmatik silyalı epitel ile kaplı iken, keselerin gövdesine doğru bu epitel yassı epitel ile yer değiştirir. Epitelin altında kollajen ve elastik ipliklerden zengin ince bir bağdoku katmanı ve kas fibrilleri bulunur. Keselerin dış yüzü ise yine yassı epitel ile kaplıdır. Kese duvarlarında kolinerjik ve adrenerjik sinir pleksuslarına da rastlanır (8, 9, 27, 28).

Hava keselerinin fonksiyonel özellikleri

Kanatlıların parabronkial akciğeri morfolojik olarak memelilerin bronkio-alveolar akciğerinden ayrılır. Memelilerde genellikle bölünen bifurkasyonlar hava yollarında kör uçlarla sonlanırken, kanatlı akciğerinde ise oldukça karmaşık anastomotik bir sistem mevcuttur. Taze ve reziduel bayat havanın solunum yollarında karıştığı memeli solunum sisteminin aksine kuşların akciğerleri doğrudan hava akışı sistemiyle çalışır. Bu sistemde çalışan bronkusların yanında hava keseleri de bir köruk misali akciğerleri sürekli ve tek yönlü olarak ventile eder (9, 12, 29). Kanatlı hayvanlarda akciğer nispeten sert yapıda olup genişleme yada daralma eğiliminde değildir, ancak nefes alma esnasında costa'ların ve sternum'un hareketi yoluyla retrakte olur. Bu fonksiyon, kan ile gaz değişimi için geniş bir yüzey alanı sağlar ve bu çok küçük bir aralıkta meydana gelir. Diğer organların bulunmadığı bütün

vücut boşluklarını işgal eden hava keselerinin köruk gibi fonksiyonu, akciğerlerde basınç farklılıklarına neden olarak inspirasyon ve ekspirasyon boyunca gaz hareketini devamlı kılar (7). Ayrıca kuşlarda trachea da memelilere nazaran daha uzundur; dolayısıyla üst solunum yolundaki ölü alan aynı boyuttaki bir memeliye kıyasla daha fazladır. Bu durum kuşa daha geniş bir tidal volüm sağlayan hava keseleri ile kompanze edilmiştir (5).

Uçma yeteneği iyi olan kuşlarda kalp atım hızı ve solunum frekansı oldukça yüksek olup hava keseleri de daha gelişmiş olarak bulunurlar. Hava keseleri, solunan havanın yaklaşık %80'ini ihtiva eder. Uçuş esnasında vücut ağırlığının azaltılmasını sağlayan hava keseleri aynı zamanda vücut bölümleri arasındaki dengenin kurulmasına da yardımcı olur. Kanatlılarda ter bezleri bulunmadığından dolayı termoregülasyonda, ötücü kuşlarda da sesi kuvvetlendirme ve titreşimlerin artırılmasında etkili olduğu bildirilmektedir (7-9, 17). Hava keseleri uçma ve yüzme esnasında alınan havanın ısıtılmasına da yardımcı olur (11).

Hava keselerinin spermatogenesis üzerine etkisi henüz tam olarak açıklığa kavuşmamıştır. Herin ve ark. (30)'nın yaptıkları araştırmaya göre; abdominal hava keseleri şirurjikal yolla çıkarıldığında kontrol ve deney grupları arasında semen kalitesi bakımından önemli bir fark görülmemiştir. Yine testiküler ve rektal ısı ile hava kesesine ait sıcaklıklar kıyaslandığında da önemli bir fark saptanmamıştır. Bu durumda horozda testisin hava keseleri tarafından serinletilmediği, germinatif epitelin yüksek vücut ısısına uyum sağlayarak bu ısıda bile normal spermatozoon üretmeye devam ettiği gözlenmiştir.

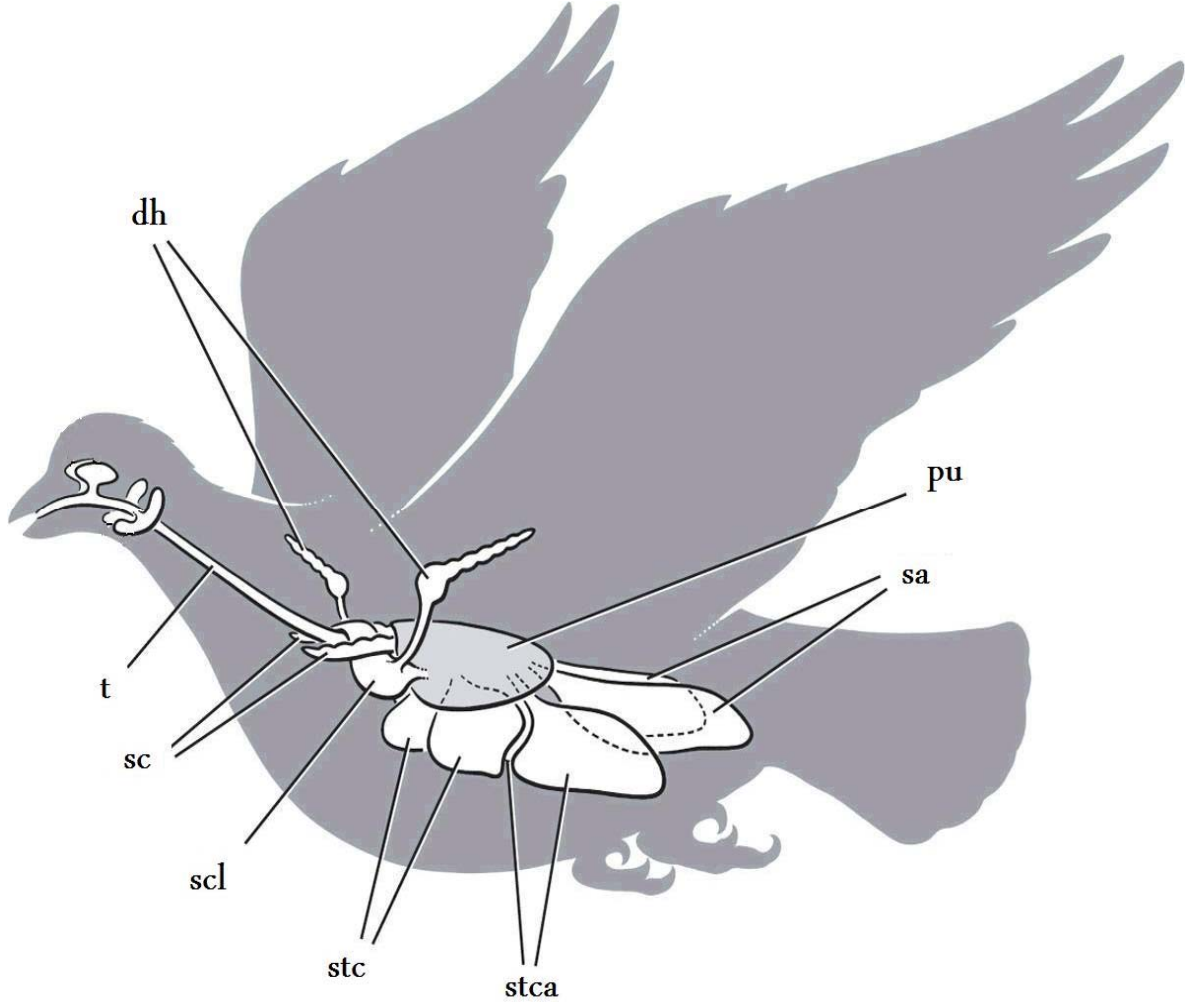
Kanatlı hayvanlarda kemiklerin çoğu hava keselerinin divertikülleri tarafından pnömatize edilir. King ve McLelland (12) yoğun araştırmaları sonucu, evcil kuşlarda atlas ve axis hariç vertebrae cervicales, vertebrae thoracicae (5. hariç), os lumbosacrale, pelvik kemer, ilk iki kaburga, sternum, humerus ve os coracoide'sin distal yarımının pnömatize olduğunu saptamıştır. Kafatası kemikleri de havalıdır ancak hava keseleri ile ilişkili değildir.

Saccus cervicalis, saccus clavicularis ve saccus thoracicus cranialis; içlerindeki oksijen ve karbondioksit konsantrasyonundaki benzerlikten dolayı cranial hava keseleri, saccus thoracicus caudalis ve saccus abdominalis ise caudal hava keseleri olarak gruplandırılabilir. Caudal hava keselerinde cranial hava keselerine kıyasla oksijen konsantrasyonu daha yüksek karbondioksit konsantrasyonu ise daha düşüktür (7). Suya dalarak avlanan su kuşlarında, dalmadan önce solunum sistemine çekilen hava, cranial ve caudal grup hava keseleri arasında sürekli olarak dolar. Böylelikle

kuşun oksijenden daha fazla istifade edebilmesi ve su altında daha uzun süre kalabilmesi sağlanmış olur (11).

Hava keselerinin nispi büyüklükleri de kendi aralarında olduğu gibi türler arasında da değişiklik gösterir. Örneğin; tavuklarda sacci thoracici craniales

et caudales küçük, sacci abdominales daha büyük iken, ördeklerde tam tersi bir durum görülür (7).



Şekil-1: Sacci pneumatici'nin genel görünümü. **t:** Trachea, **sc:** Saccus cervicalis, **scl:** Saccus clavicularis, **stc:** Saccus thoracicus cranialis, **stca:** Saccus thoracicus caudalis, **sa:** Saccus abdominalis, **pu:** Pulmo, **dh:** Diverticulum humerale (31).

Atmosferden oksijen elde etmek solunum sisteminin birincil amacıdır. Oksijen dış ortamdan alınan en önemli molekül, büyüme ve gelişme için gerekli bir kaynak ve aerobik metabolizma için önemli bir faktördür. Hayvanlar, susuz günlerce, besinsiz haftalarca yaşamlarını sürdürebilmekte, oysa oksijensizliğe gösterebilecekleri direnç sadece dakikalar ile sınırlı olmaktadır. Beslenme, hareket, üreme gibi aktiviteler ertelenebilir yada tamamen terk edilebilirken solunum için böyle bir şey mümkün değildir. Oksijene bağımlı olarak elde

edilen enerji; moleküler, biyokimyasal, ekolojik ve evrimsel tüm biyolojik olaylarda merkezi bir role sahiptir. Bu nedenle enerji üretimi için oksijen özellikle yüksek yaşam formlarında vazgeçilmez bir etmendir (2, 3). Sonuç itibarıyla bu etmenden istifade etmeye olanak sağlayan solunum sistemi organlarını anlamının, sınıflar arası farklılıkları ve türler arası varyasyonları ortaya koymanın, fizyoanatomik ilişkileri ve fonksiyonel yapıları belirlemenin; hem hekimlik alanında yapılacak girişimlere ve bilimsel

çalışmalara yardımcı olabileceğini hem de anatomi öğretimi açısından faydalı olacağını düşünmekteyiz.

Kaynaklar

1. Öcal K, Erden H. (2002). Solunum Sistemi. (Alınmıştır) Evcil Kuşların Anatomisi. N Dursun (editör). Baskı 1. s. 91-102. Medisan Yayınevi, Ankara.
2. Maina JN. (2000). Comparative Respiratory Morphology: Themes and Principles in the Design and Construction of the Gas Exchangers. Anat Rec B New Anat. 261:25-44
3. Powell FL, Hopkins SR. (2004). Comparative Physiology of Lung Complexity: Implications for Gas Exchange. News Physiol Sci. 19: 55-60.
4. Baumel JJ, King AS, Breazile JE, Evans HE, Vanden Berge JC. (1993). *Nomina Anatomica Avium*. Publications of The Nuttall Ornithological Club, Cambridge.
5. Best R., Avian Anatomy and Physiology- Birds of Prey. Erişim: www.bwrc.org.uk/Training/Lecture21Anatomy Erişim tarihi: 25.03.2007
6. Avian Anatomy. Erişim: <http://feistysthome.phpwebhosting.com/anatomy.htm> Erişim tarihi: 25.03.2007
7. Fedde MR. (1998). Relationship of Structure and Function of the Avian Respiratory System to Disease Susceptibility, Poultry Sci. 77(8): 1130-1138.
8. Nickel R, Schummer A, Seiferle E. (1977). Anatomy of the Domestic Birds. p. 67-69. Verlag Paul Parey, Berlin and Hamburg.
9. Sturkie PD. (2000). Sturkie's Avian Physiology- I. 5. Ed. p. 234-238. Academic Press, USA.
10. Avian Respiration. Erişim: <http://people.eku.edu/ritchisong/birdrespiration.html> Erişim tarihi: 25.03.2007
11. Schwarze E, Schröder L. (1979). Kompendium der Geflügelanatomie. p. 131-137. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
12. King AS, McLelland J. (1984). Birds Their Structure and Function. 2. Ed. p. 110-121. The Pitman Press, Great Britain.
13. Demirkan AC, Hazıroğlu RM, Kürtül İ. (2006). Sacci Pneumatici in Mallard Duck (Anas platyrhynchos). Ankara Üniv Vet Fak Derg. 53: 75-78.
14. King AS, Kelly DF. (1956). The Aerated Bones of Gallus domesticus: the Fifth Thoracic Vertebra and Sternal Ribs. Br Vet J. 112: 279-83.
15. Jaensch SM, Cullen L, Raidal SR. (2002). Air Sac Functional Anatomy of the Sulphur-Crested Cockatoo (Cacatua Galerita) During Isoflurane Anesthesia. J Avian Med Surg. 16(1): 2-9.
16. Çevik-Demirkan A, Kürtül İ, Hazıroğlu RM. (2006). Gross Morphological Features of The Pulmo and Sacci Pneumatici in the Japanese Quail. J Vet Med Sci. 68: 909-913.
17. Getty R. (1975). The Anatomy of the Domestic Animals, Volume 2. 5. Ed. p. 1830-1832. W.B Saunders Company, Philadelphia.
18. Taşbaş M, Hazıroğlu RM, Çakır A, Özer M. (1994). Morphology of the Respiratoric System in Denizli Cocks. Ankara Üniv Vet Fak Derg. 41: 154-168.
19. Onuk B, Hazıroğlu RM, Kabak M. (2009). Gross Anatomy of the Respiratory System in Goose (Anser Anser Domesticus): Bronchi and Sacci Pneumatici. Ankara Üniv Vet Fak Derg. 56: 165-170.
20. Orhan İÖ, Kabak M, Oto Ç, Hazıroğlu RM. (2009). Air Sacs (Sacci Pneumatici) in the Long-Legged Buzzard (Buteo Rufinus). Ankara Üniv Vet Fak Derg. 56: 7-11.
21. Kürtül İ, Aslan K, Aksoy G, Özcan S. (2004). Morphology of the Air Sacs (Sacci Pneumatici) in the Rock Partridge (Alectoris graeca). Vet Res Commun. 28: 553-559.
22. King AS, Payne DC. (1962). The Maximum Capacities of the Lung and Air Sacs of Gallus domesticus. J Anat. 96: 495-503.
23. Menega A, Calhoun ML. (1968). Morphology of the Lower Respiratory Structures of the White Pekin Duck. Poultry Sci. 47: 266-280.
24. Bezuidenhout AJ, Groenewald HB, Soley JT. (1999). An Anatomical Study of the Respiratory Air Sacs in Ostriches. Onderstepoort J Vet Res. 66(4): 317-325.
25. Lucas AH, Keeran RJ, Coussens C. (1959). Air Sacs of Chicken, Turkey, Duck and Owl. Anat Rec. 133: 452.
26. Fitzgerald TC. (1970). The Coturnix Quail Anatomy and Histology. p. 631-632. Iowa State University Press, Ames, Iowa
27. Hodges RD. (1974). The Histology of the Fowl. p. 113-145. Academic Press, Newyork.
28. Maina JN. (2005). The Lung-air sac System of Birds: Development, Structure and Function. p. 34-35. Springer, Berlin.
29. Reese S, Dalamani G, Kaspers B. (2006). The Avian Lung-Associated Immune System: A review. Vet Res. 37: 311-324.
30. Herin RA, Booth NH, Johnson RM. (1960). Thermoregulatory Effects of Abdominal Air Sacs on Spermatogenesis in Domestic Fowl. Am J Physiol. 198: 1343-1345.
31. Cranial Sinus and Postcranial Air Sac Systems in Birds. Erişim: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cranial_sinus_and_postcranial_air_sac_systems_in_bird_s.jpg Erişim tarihi: 25.03.2007

Yazışma adresi: Araş. Gör. Serkan ERDOĞAN

Dicle Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı,
21280 Diyarbakır/TÜRKİYE Tel: 0412 2488020 Fax: 0412
2488021 E-mail: serkanerdogan@dicle.edu.tr