

Kuşlarda Uçmanın Biyomekaniği

Gülsüm EREN *

Geliş Tarihi: 02.01.2001

Özet: Kuşların anatomik yapıları memelilerden farklıdır. Bu farklılıklar kuşlara uçmalarını kolaylaştırıcı özellikler kazandırır. Örneğin; pneumatic kemikler ve hava keseleri vücut ağırlığını azaltırlar. Ön bacaklar kanat şeklini almıştır.

Kuşlar memelilerden farklı bir anatomik yapıya sahip olmaları yanında kendi aralarında da bir takım farklılıklara sahiptirler. Yükselmek ve uçuşun devamlılığı için farklı uçuş teknikleri ve kanat hareketleri meydana gelir. Kullanılan teknikler vücut ağırlığını ve havanın direncini en aza indirme, dengeli bir uçuş sağlamada oldukça önemlidir. Bu nedenle uçmanın mekaniği kuşlar arasında farklılık gösterir.

Anahtar Kelimeler: Biyomekanik, kuşlar, uçuş.

Biomechanics of flight of the birds

Summary: Anatomical structures of birds are different from mammals. These differences are gained to birds characteristics facilitates of flight. For example, pneumatic bones and air sacs decrease the body weight. Front legs are transformed to wings.

However, birds have different anatomical characteristics from mammalian, in their species have also differences. They developed different flight techniques and wing movements for rising and continuity of flight. Used techniques are very important for decreasing of body weight and air resistance and to provide a stable flight. In this reasons mechanics of flight is different in birds.

Key Words: Birds, biomechanics, flight.

Giriş

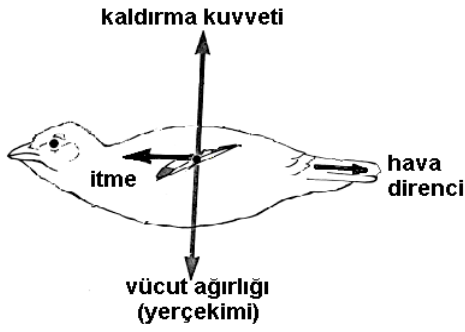
Hareket yetenekleri, canlıların, temel ihtiyaçlarını karşılamada kendilerine en yardımcı olan özellikleridir. Oldukça geniş bir hayvan grubu için oldukça kolay hareket biçimi olan uçmak, çağlar boyunca insanların en çok ilgisini çeken olaylardan olmuştur. Bir kuşun uçabilmesi için, ona uçuşunu kolaylaştıran anatomik özelliklerin kazandırılmasının yanı sıra bu özelliklerin, buldukları ortamın etkileri ile de uyumlu olarak kullanılabilmesi gerekmektedir.

Vücudun Dengesi

Sabit hızda uçan bir kuşun vücudu üzerine kuvvetlerin etkisi ve bu etkiye karşılık kuş tarafından verilen tepkiler denge halinde olmak zorundadırlar. Bu etki ve tepkiler temel olarak şunlardır:

- 1-Vücut ağırlığı (yerçekimi)
- 2-Kaldırma kuvveti
- 3-Havanın aerodinamik direnci
- 4-İtme kuvveti (Şekil 1)

*U.Ü. Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, BURSA



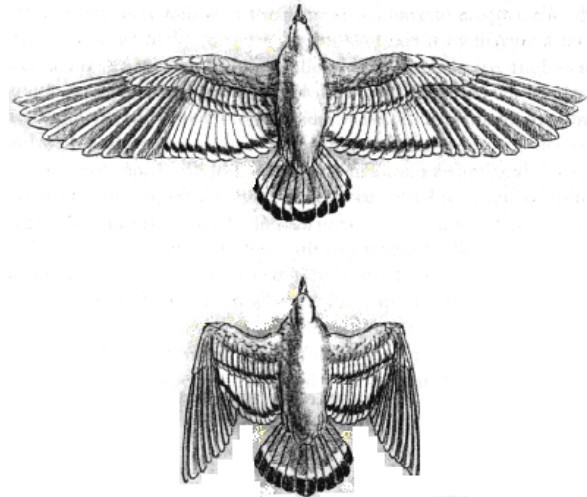
Şekil 1:
Uçan bir kuş üzerine etki eden kuvvetler.
Figure 1:
Forces on a flying bird.

Vücut ağırlığı yerçekimi kuvveti sonucu meydana gelir. Yönü yeryüzünün merkezine doğrudur. Bir takım faktörler vasıtası ile kuşların vücut ağırlıkları uçmalarını kolaylaştırıcı şekilde hafifletilmiştir. Kuşlarda kanat kemiklerinin birçoğunda ilik yerine hava keseleri mevcuttur, dişler ve çığneme kasları yoktur. Yine kuşlarda idrar torbası bulunmaz dolayısı ile vücutta idrar birikmesi olayı yoktur. Kuşların yumurtlayarak üremeleri de vücutta yavru taşıma zorunluluğunu ortadan kaldırmıştır. Tüm bunlar kuşların vücut ağırlıklarının azalmasında önemli rol oynarlar^{2,4-7}.

Hava direnci, hava içerisinde hareket halinde bulunan bir obje üzerine etki eden kuvvettir. Havanın temas ettiği objenin yüzeyi büyük olduğunda, obje hızlı hareket ettiğinde ya da havaya göre hızlı hareket ettiğinde, hava daha fazla momentuma sahip olduğu zaman (mesela rüzgarlı bir havada yürümekle normal havada yürümek gibi), hava direnci büyümektedir. Hızlı bir uçuş için hava direnci minimum seviyede olmalıdır. Bunu başarmanın en iyi yolu da vücutta, hava ile temas eden yüzeyinin en az olacağı şekli vermektir (Şekil 2). Hava direnci kuş yavaşlayacağı ya da konacağı zaman oldukça yararlıdır. Bu nedenle kuş kanatlarını yayarak açar. Böylece hava temas yüzeyi genişler ve kuşun vücutu üzerine etki eden hava direnci artar. Daha hızlı uçmak istediğinde ise hava ile temas eden yüzeyi azaltmak amacı ile kanatlarını bedenine yaklaştırır^{2,6,7}.

Kaldırma kuvveti hava içinde hareket eden objeye etki eden diğer bir kuvvettir. Vücut ağırlığına zıt yönde yani yukarı yöndedir. Pek çok özellikle kuşun vücutu memeli vücutuna oranla

hafifletilmiş olmasına rağmen uçmak için yerden kaldırılması gereken bir ağırlık mevcuttur. Vücutun yerden kaldırılması için gerekli olan kaldırma gücünün sağlanmasında kanatlar önemli bir rol oynarlar. Kuşun kanadının üst yüzeyi konveks alt yüzeyi ise daha düzdür. Bu nedenle üst yüzün uzunluğu alt yüzden daha fazladır. Fiziki bir kural olarak kanadın ön kenarına gelerek üst ve alt yüzlerden ilerleyen hava akımları aynı anda kanadın arka kenarında bir araya gelmek zorundadırlar (Şekil-3). Bu nedenle, daha fazla yol katetmek zorunda olduğu için üstteki hava, alttaki havaya oranla daha hızlı hareket eder ve sonuç olarak kanadın üst yüzeyindeki basınç alt yüzeyindeki basınçtan daha az olur. Alt taraftaki artan basınç vasıtası ile de kanat aşağıdan yukarıya doğru itilir. Bunun sonucu olarak ta vücut yukarı doğru kalkar.



Ayrıca kanatları hızla çırpıp ta kaldırma kuvvetini meydana getirir^{1,2,6,7}.

Şekil 2:
Hava direncinin azaltılması

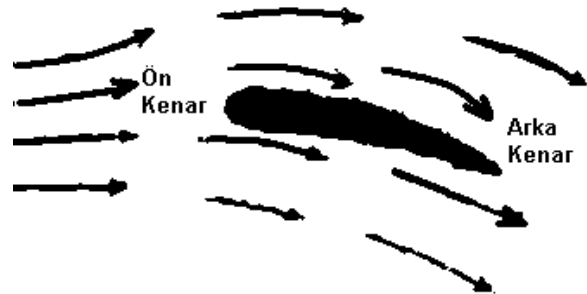


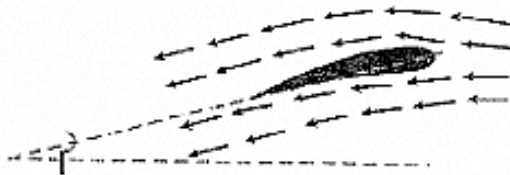
Figure 2:
Decreasing of air resistance

Şekil 3:
Kaldırma kuvvetinin meydana gelişi

Figure 3:
Occur of lift force

İtme kuvveti kanat çırpmanın olduğu uçuş sırasında meydana gelir. Kaldırma kuvveti vasıtası ile yerden kaldırılan vücudun ileri yönde hareket etmesini sağlar. İtme kuvveti, hava direnci kuvvetine ters yönde, kuşun uçuş doğrultusu yönündedir. Tam olarak yatay doğrultuda, sabit hızda ve sürekli uçmak için hava direncini dengeleyecek kadar itme kuvveti meydana getirilmelidir. Bu olay kanada temas eden havanın geri ve aşağı yönde itilmesi ile meydana getirilir. Eğer itme kuvveti hava direncinden büyük ise kuş hızlı uçabilir, eğer direnç itme kuvvetinden büyük olur ise kuş yavaşlar ve hız kaybeder. Eğer iki kuvvet birbirine eşit ise kuş sabit hızda hareket eder. İtme kuvveti temel olarak kuşun uçuş kaslarının kuvvet verimine bağlıdır. Geniş kaslara sahip olmak itmeyi meydana getirmede en iyi yoldur.

Kanatlar kaldırma gücü sağlamak ve kuşun vücut ağırlığını dengelemek amacı ile dizayn edilmişlerdir. Bu dizaynda mümkün olan en fazla kaldırma gücünü sağlamak ve mümkün olan en az hava direncine maruz kalmak önceliklidir. Eğer kanatlar havada aşağıya doğru itilirse buna bir tepki olarak hava kanatları yukarıya doğru iter. Kanada yatay olarak yaklaşan hava aşağıya doğru meyilli bir yol izleyecek şekilde saptırılır. Havanın bu şekilde döndürülmesini sağlayan ise havaya karşı kanatların belli hücum açısı ile eğilmesidir (Şekil-4). Belli limitler içerisinde bu açı büyüdükçe aşağı yönde saptırılan hava miktarı artar ve daha çok yükselme meydana gelir. Fakat bu açı çok fazla artarsa kuş yükselmek yerine dengesini kaybeder ve hızı azalır düşer.



Kaldırma hücum açısı

Şekil 4:
Kaldırma hücum açısı yükselmeyi sağlar
Figure 4:
Angle of attack provide rising

Bir kuşun kazandığı yüksekliği devam ettirerek, düşüşe geçmeden uçabileceği, mümkün olan en düşük minimum hız

$$V_{\min} = \sqrt{\text{Kanat yükü}} \text{ olarak ifade edilir.}$$

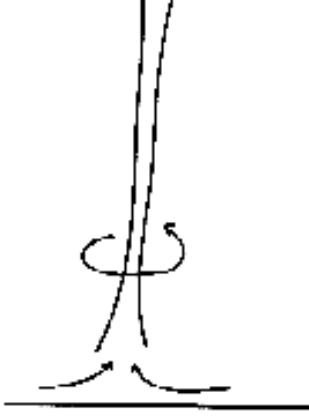
Kanat yükü = vücut ağırlığı/kanat alanı olarak bulunur. Bu denklemlerden yola çıkıldığında vücut ağırlığına göre daha küçük olan kanat alanı kanat yükü miktarını büyütmemektedir ve bu büyük orana sahip kuşlar daha hızlı uçabilirler. Geniş kanatlar ise daha düşük kanat yükü verirler ve kuşun yüksekte, daha düşük hızda kalmasına izin verir^{1,2,6,7}.

Kuşların Uçuş Teknikleri

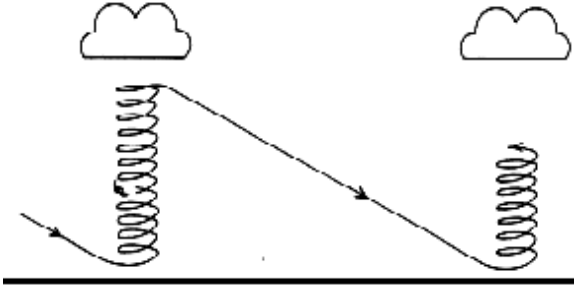
Büyük hacimli ve sürekli uçan bir kuşun nasıl olup ta bu büyük ağırlığın üstesinden geldiği düşündürücüdür. Büyük kuşlar orantısız bir şekilde büyük kanatlara sahiptirler. Eğer sadece güç harcıyarak uçacak olurlarsa kanatlarını çok hızlı çırpma ve çok fazla enerji harcamak zorunda kalırlar. Bu nedenle süzülerek uçmak bu kuşlar için en uygun olanıdır. Bu tekniği kullananlar kanatlarını çok az çırpırlar. Süzülerek uçan kuşlar buldukları bölgenin şartlarından faydalanarak çeşitli süzülme teknikleri geliştirmişlerdir^{2,6,7}.

Termaller güneş tarafından yerin ısıtılması sonucu havanın yükselmesi ile meydana gelen kolonlardır (Şekil-5). Isınan havanın yoğunluğu azalır ve bu düşük yoğunluktaki hava yukarıya doğru daire çizerek yükselmeye başlar. Hava düzenli bir şekilde yerden yükselmez. Şekli daha çok biri diğerinin üzerine yığılmış bir çörek gibidir. Güçlü termaller güneş en tepeye geldiğinde görülür ve akşam yok olur. Termal süzülme bu saatler arasında mümkündür. Akbabalar ve leylekler gibi bu tekniği kullanan kuşlar, düz bir süzülmeye başlamak için gerekli olan yüksekliğe ulaşmak amacı ile yukarıya doğru termalde yükselirler (Şekil-6). Merkezden yukarı doğru hareket eden hava üst kısımda soğur. Sonuçta termal incilir, kaldırma gücü azalır ve kuşu uzun süre yukarıya itemez. Kuş bu noktaya geldiğinde kendini süzülmeye bırakır, başka bir termale yakalayana kadar aşağıya doğru süzülmeye devam eder. Yeni bir termal yakaladığında yine aynı şekilde yükselmeye başlar. Termal süzülme kullanan kuşlar için oldukça iyi bir enerji depolamasıdır. Örneğin akbabalar günün büyük kısmını uçarak geçirirler fakat kanatlarını çok az çırpırlar. Termal

süzülmeyi kullanan kuşlar geniş ikincil tüylere sahiptirler, bunlar kanadın yüzeyini genişletirler ve sıcak hava akımı üzerinde kolayca yükselmeyi sağlarlar.



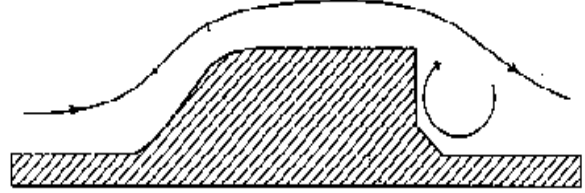
Şekil 5:
Termallerin meydana gelişi
Figure 5:



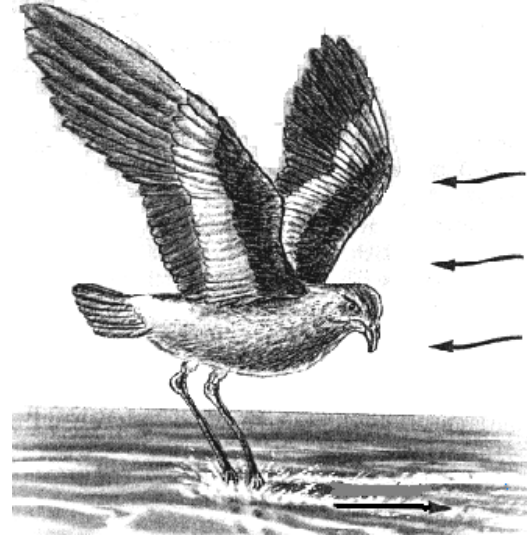
Occur of thermals
Şekil 6:
Termal süzülme tekniği
Figure 6:
Thermal soaring

Meyilli süzülme tekniği, meyilli bir yüzey üzerinde yukarı yönde saptırılan hava akımlarını kullanarak uçan kuşlarda görülen bir yöntemdir. Eğer yukarı yöndeki havanın yönü kuşun düşme hızına eşit ya da fazla ise kuş kanat çırpmasına gerek kalmadan yerden yüksekliğini korur. Dağın yatay yüzü üzerindeki hava akımı yamaca geldiğinde, yamacın alt kısmındaki düz alana tam dik olarak değil geniş bir açı çizerek geçer (Şekil-7). Bu sırada tepenin önünde geniş bir girdap şekillendirir. Bu girdap, yukarıdan aşağıya aşağı inen akım ile karşılaşır ve ek bir kaldırma gücü meydana gelir. Bu güç vasıtası ile kuş yükselir ve süzülerek uçuşunu devam ettirir. Dağlara yuva kuran pek çok deniz kuşu bu tekniği kullanırlar^{1,2,6,7}.

Süzülmeyi kullanan bazı kuşlar su üzerinde yürüyor gibi görünürler. Bunlara örnek olarak fırtına martısı (yelkovankuşu, *hydrobates pelagicus*) verilebilir (Şekil-8). Bunlar deniz yüzeyinde kanatlarını açarak bir süre asılı kalırlar ama kanat çırpamazlar, küçük balıkları gözlerler ve balığı yakalamak için ayaklarını suya batırırlar. Ayaklarını suya batırdıklarında rüzgarın esiş yönünde akan su nedeniyle geriye doğru sürüklenirler, bu nedenle su tarafından ayaklara uygulanan direncin yönü ileri yönde yani rüzgarın esiş yönüne ters yöndedir. Havanın direnci ile su tarafından ayaklar üzerine etki eden direnç birbirini dengeler. Vücut ağırlıkları da kanatlarındaki kaldırma kuvveti tarafından desteklenir. Böylece kuş su üzerinde kısa sürede olsa asılı kalabilir. Bu süre avını yakalayıp tekrar havalanması için yeterlidir^{2,6,7}.



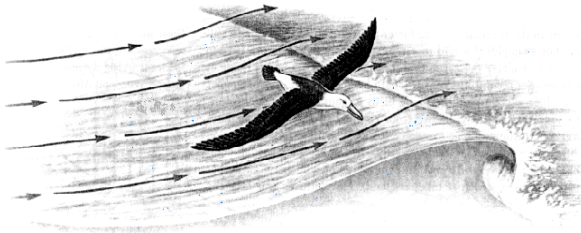
Şekil 7:
Meyilli süzülme tekniği
Figure 7:
Slope soaring



Şekil 8:
Su yüzeyinde süzülme tekniği
Figure 8:
Sea-anchor soaring

Açık denizlerdeki kuşların kullandıkları bir teknik daha mevcuttur (Şekil-9). Deniz üzerinde

esen rüzgar alt tabakada olan su ile temas ettiğinden dolayı yavaş ilerler. Yüzeyden birkaç metre yukarıda ise rüzgar bu alt taraftaki tabakaya oranla daha hızlıdır. Kuşlar alt taraftaki yavaş rüzgarın az da olsa sahip olduğu kaldırma kuvvetinden yararlanarak ya da bir miktar kanat çırpma sureti ile bu daha hızlı kitleye doğru yükselirler. Bu yükselme hava direnci ve vücut ağırlığını dengeleyene kadar devam eder. Bundan sonra kuş güç harcamadan yükselip bir süre kanat çırpmadan süzülür ve rüzgar zayıfladığında aşağıya doğru alçalmaya başlar. Sonra tekrar bir rüzgar yakaladığında aynı teknikle yükselmeye devam eder. Bu teknik okyanuslarda bulunan Albatroslar tarafından kullanılan bir tekniktir^{2,6,7}.



Şekil 9:
Albatrosların kullandıkları açık denizlerde

süzülme tekniği

Figure 9:

Soar using by Albatros

Kaynaklar

1. ALEXANDER, R., M.: Biomechanics, William Clowes & Sons Ltd., Great Britain (1975).
2. ALEXANDER, R., M.: Exploring Biomechanics Scientific American Library, A Division of HPHLP, New York (1992)
3. CURREY, J., D.: Animal Skeleton, Edward Arnold Limited, Bedford Square, London (1979).
4. NICKEL, R., SCHUMMER, A., SEIFERLE, E.: The Anatomy of the Domestic Birds, Verlag Paul Parey, Berlin Hamburg (1977).
5. ÖZGÜDEN, T., BAHADIR, A.: Veteriner Anatomy (İç Organlar), U.Ü. Veteriner Fakültesi Yayınları, BURSA (1997)
6. SCHMIDT-NIELSEN K.: How animals work. Cambridge University Press, USA (1974)
7. WALKER, W.: Functional anatomy of Vertebrates, CBS College Publishing, USA, (1987).