



ÇOCUK ve SPOR

Doç. Dr. Yetkin Utku Kamuk | Hitit Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi

Ünite 1: Vücut Ölçüsünün Önemi

Ana Hatlar

- Fizyolojik fonksiyonlar ile vücut ölçüsü arasındaki etkileşim nasıldır?
- Allometri nedir?
- Fizyolojik değişkenlerin ifade edilmesi ile vücut ölçüsü arasında nasıl bir bağlantı vardır?
- Çocuklar küçük yetişkinler midir?



Allometri

Yetişkinler çocuklardan daha iri, çocuklar da küçük çocuklardan daha iridir. 18 yaşındaki bir erkeğin ortalama ağırlığı 70 kg iken 5 yaşındaki çocuk 20 kg'dır. Sırasıyla, boyları 175 ve 115 cm; vücut yüzeyi alanları ise 1,85 ve 0,80 m²'dir. Yani gelişim süreci içerisinde ağırlık 3,5 kat, boy 1,5 kat ve vücut yüzeyi alanı da 2,3 kat artar. Bunlar; $10^{0,34}$, $10^{0,18}$ ve $10^{0,36}$ büyüklüğünde artışlardır. Bu boyut farklılıkları nedeniyle, küçük bir çocuk ve genç bir erişkin geometrik olarak benzer değildir. Yani, farklı vücut parçalarının vücutlarına oranları aynı değildir. Vücut şekilleri ve görünüşleri farklıdır.

Allometri

Küçük çocukların bacakları, örneğin yaşlı insanlarla karşılaştırıldığında, vücut uzunluklarına oranla daha kısadır. Bu durum oturma boyunun boy uzunluğuna oranının belirlenmesi halinde daha belirgin hale gelir. Bu oran doğumda %68 iken olgunluk döneminde %50'ye kadar düşer küçük çocuklarda kafa görelisi olarak oldukça büyüktür ve omuz genişliği ve kalça arasındaki ilişki erkeklerde pubertede %7'ye kadar düşer. Oranlar arasındaki bu farklılıklar erken çocukluk döneminde oldukça aşırı düzeydeyken 10 yaşına geldiklerinde çocuklar geometrik olarak erişkinlere benzerler.

Allometri

1927 yılında Sir Julian Huxley kuş yumurtaları üzerinde çalışma yapmış ve küçük kuşların büyük kuşlarla karşılaştırıldığında kendi vücutlarına oranla daha büyük yumurtadıklarını bulmuştur. Tabii ki büyük kuşların yumurtaları daha büyüktü ancak deve kuşunun ortalama yumurta büyüklüğü 1700 gramken sinek kuşunun yumurtası 0,6 gramdır ve sinek kuşunun yumurtasının büyüklük faktörü $10^{3,5}$ olarak bulunmuştur. Ancak dişi deve kuşunun kütlesinin oldukça büyük olmasına karşın deve kuşu yumurtasının deve kuşunun vücutuna oranı 0,015 iken sinek kuşunun yumurtasının vücutuna oranı 0,167'dir

Allometri

Erişkin bir kuşun vücut kütlesine oranla değerlendirildiğinde sinek kuşu yumurtası deve kuşu yumurtasından 11 kat daha büyüktür. Bu fenomeni açıklayabilmek için araştırmacılar yumurta büyüklüklerini ve yumurtaların sahibi kuşların büyüklüklerini inceleyerek şu formülü geliştirmişlerdir:

$$M_{\text{yumurta}} = 0,198 M_{\text{erişkin}}^{0,77}$$

Allometri

Bu eşitlik dişi kuş büyüdükçe yumurta kütesinin artacağını ancak yumurtanın büyüklüğündeki artış oranının yumurtanın sahibine kıyasla, daha fazla olacağını göstermektedir. Şimdi düşündüğümüzde yumurta ve yumurtaların boyu boyutu oldukça önemlidir. Yumurtanın içerisinde kalsiyumdan oluşan kabuğunun içerisinde tüm besinler, mineraller ve gerekli olan su bulunmalıdır ki yavru inkübasyon dönemi boyunca gelişebilsin. Yumurtanın kabuğu, gerekli olan oksijen ve karbondioksitin geçiş yapabileceği kadar porlu ancak aynı zamanda içeriğini kaybetmeyecek kadar da korunaklı olmalıdır.

Allometri

Huxley ve diğer araştırmacılar, kuluçkadan çıkmamış yavruların veya daha küçük kuşların, daha büyük kuşların yavruları ile karşılaştırıldığında vücut boyutlarına göre abartılı bir metabolik desteğe ihtiyaç duyduklarını öne sürmüşlerdir.

Bu, allometrinin kullanımına ilişkin olarak ilk örneklerden bir tanesidir ve allometri bir değişkenin vücut kütlesi ile ilişkisini ortaya koymak için kullanılmaktadır. Ayrıca bu örnek hayvanlar arasındaki fizyolojik farklılıkların anlaşılabilmesi için yapılmış gözlemsel ilişki çalışmalarının bir tanesini de temsil etmektedir.

Allometrinin Anlaşılması

Allometri; bir değişkende oluşan değişikliklerin, bu değişkenin ait olduğu vücut kütlesine bağlı olarak ne şekilde ifade edilebileceğinin matematiksel olarak sunulmasıdır. Geleneksel olarak vücut kütlesi biyologlar tarafından kullanılan bir birim olarak bilinmektedir. Çünkü alabalık, zürafa, sinek kuşu gibi çok farklı morfolojik yapıya sahip olan hayvanların boylarının ifade edilmesindeki zorluk ve ölçümlerdeki kolaylıktan dolayı bu tercih edilmektedir. Allometrik analiz ya da ölçeklendirme şu eşitlikle gösterilmektedir.

$$Y=aMb$$

Allometrinin Anlaşılması

Eğer b sıfıra eşitse, vücut kütlelerinin Y üzerinde etkisinin olmadığı yani vücut kütlelerinden bağımsız bir değişken olduğu söylenebilir. Örneğin çocukluk yıllarında maksimum kalp atım hızı vücut kütlelerindeki artıştan bağımsız olarak herhangi bir değişiklik göstermez, yani maksimal kalp atım hızı için b değeri 0'dır.

Vücut kütlesi arttıkça Y değerinin de artması gerçekleşir. Ancak bu daha yavaş bir oranda ortaya çıkarsa, b değeri 0'dan büyük ancak 1'den küçüktür.

Allometrinin Anlaşılması

Eğer b değeri 1'den daha büyük olursa bu durumda değişkendeki artışın vücut kütleindeki artıştan daha büyük hıza sahip olduğu anlamı çıkar. Yetişkin hayvanlarda iskelet kaslarının toplam vücut ağırlığına oranı buna örnektir. Vücut kütlesi arttıkça Y değişkeninde azalma meydana gelirse, b değeri negatif olur. Çocuklar büyüdükçe adım frekansındaki azalma bu tip bir ilişkiye örnektir. b üssel ifadesi bize Y ile M arasındaki ilişkinin ne olduğu ile ilgili olarak fikir verir. Hayvanlarda dinlenme VO_2 düzeyi ile ilgili olarak allometrik ifade şu şekildedir:

$$VO_{2\text{dinlenme}} = 0,19M^{0,75}$$

Allometrinin Anlaşılması

$$VO_2\text{dinlenim}=0,19M^{0,75}$$

Bu ifadeye göre, daha büyük cüseye sahip olan hayvanlardaki dinlenim oksijen alımının mutlak değeri daha büyüktür. Üssel ifade 1'in altında olduğu için daha küçük hayvanların VO_2 düzeyi vücut yapılarına oranla kendilerinden büyük hayvanlara göre daha yüksektir. Bu durum eşitliğin her iki tarafını da vücut kütlesine böldüğümüzde daha net bir şekilde görülecektir:

$$VO_2\text{dinlenim/kg} \sim M^{0,75}/M^{1,00} = M^{-0,25}$$

Allometrinin Anlaşılması

Bu durumda b üssel değeri negatiftir ve kütle arttıkça relativ dinlenme VO_2 düzeyinin düştüğünü göstermektedir. Yani bir farenin vücut kilogramı başına sahip olmuş olduğu VO_2 düzeyi dinlenim esnasında ineğinkinden çok daha fazladır. Oran katsayısı olan a değeri Y ile M arasındaki ilişkinin gerçek değerine ilişkin bilgi vermektedir. Mutlak VO_2 max değeri için erişkin hayvanlarda kullanılan eşitliği değerlendirelim:

$$VO_2 \text{ max} = 1,94M^{0,79}$$

Allometrinin Anlaşılması

Bu eşitliğin dinlenim VO_2 eşitliğine benzer olduğuna ancak a katsayısının burada 1,94 öncekinde ise 0,19 olduğuna dikkat ediniz. Bu iki eşitlik bize maksimal egzersizlerde VO_2 düzeyinin dinlenimde olduğu oranda artış gösterdiğini ifade etmektedir. a değerindeki değişiklik maksimal egzersizde VO_2 düzeyinin dinlenim düzeyi ile karşılaştırıldığında 10 kat farklı olduğunu göstermektedir. Allometrik eşitlik bir veri setinin Y değerinin logaritmik dönüşümleri kullanılarak doğrusal bir eşitliğin oluşturulması olarak ifade edilebilir.

$$\log Y = \log a + b \log M$$

Allometrinin Anlaşılması

$$\log Y = \log a + b \log M$$

Düz bir çizgi olan bu eşitlikte b eğimdir ve a , Y ile kesişim noktasıdır. Allometrik katsayıların Y ve vücut kütlesi arasındaki ilişkiyi karakterize eden ifadeler olduğu, bu değişkenler arasındaki mekanizmaların ne olduğuyla ilgilenmediğini olmadığını söyleyebiliriz. Calder isimli araştırmacanın ifade ettiği gibi alometrik eşitlikler ampirik ifadelerdir ve bundan fazlası da değildir.

Allometrinin Anlaşılması

Farklı büyüklüklerdeki geniş sayıda popülasyonlarda yapılan çalışmalar sonucunda ölçeklendirme katsayısı olan b , Y değişkeni ile ilişkiyi ifade eder ancak böyle bir ilişki veri setinin tüm alt boyutları için gerçekleşmeyebilir. Örneğin memelilerde dinlenme metabolik hızı aşağıdaki allometrik ifade ile gösterilir.

$$P_{\text{met}} = 70M^{0,75}$$

Allometrinin Anlaşılması

Ancak kır faresi gibi çok küçük hayvanlarda b katsayısı 0,23 olarak bulunmuştur. Şu unutulmamalıdır ki, özellikle kısıtlı sayıdaki deneklerle yapılan allometrik analizler ve logaritmik dönüşümler vücut kütlesi ve değişken arasındaki gerçek ilişkinin ortaya konulması için gerekli bilgiyi sağlayamayabilirler. Bu potansiyel tehlikenin varlığı özellikle kütle farklarının $10^{0,30}$ olduğu bilinen çocuklardaki fizyolojik ve anatomik değişkenlerin allometrik analizlerinin yapılması esnasında akılda bulundurulmalıdır. Geniş çaplı hayvan çalışmalarında bu katsayı 10^4 olarak bulunmuştur.

Allometrinin Kullanılması

Allometrik yaklaşımın oldukça farklı boyutlardaki hayvanların fizyolojik olarak karşılaştırılması görevine sahip olan karşılaştırmalı biyologlar için oldukça faydalı olduğu gösterilmiştir. Geçtiğimiz yüzyılda, vücut kütlesi ile kuş trakeasının çapı ile yumurtanın döllenme yaşam ömrü arasındaki ilişkiye kadar birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları oldukça ilginç olarak kabul edilebilir. Allometrik eşitliklerde zaman bir değişken olarak kullanılabilir ve hayvanlardaki yaşam süresi şu şekilde ifade edilir:

$$t_{\text{yaşam}} = 11,6M^{0,20}$$

Allometrinin Kullanılması

Ancak Calder, insanların bu eşitliğin dışında olduğunu bildirmiştir. Eğer bu eşitlik doğru olsaydı 27 yaşına kadar neredeyse herkes ölmüş olurdu çünkü bu eşitliğe göre 70 kilogram ağırlığındaki bir bireyin yaşam süresi 27 yıl olarak hesaplanmaktadır.

Allometrinin Kullanılması

Fiziksel yapı, birbirlerinden farklı ancak birbirleri ile ilişkili olan üç bileşenden oluşmaktadır: cüsse (body size), vücut yapısı ve VK. Cüsse, vücudun ve vücut parçalarının fiziksel büyüklüğünü (ör.: uzunluk, hacim, kütle, yüzey alanı) ifade etmektedir. Vücut yapısı, dağılımı ya da vücut parçalarının oranlarını (ör.: BKİ) ifade etmektedir. VK ise, vücutta bulunan çeşitli yapıların miktarını (ör.: yağ, su, mineral, protein) belirtmektedir.

Allometrinin Kullanılması

Fiziksel yapının performansı nasıl etkilendiği ise boyut analizi ve vücut boyutlarındaki değişikliklerin geometrik ilişkilere benzerliğini açıklayan biyolojik benzerlik teorisinin bilinmesi ile netleştirilebilir. Eğer doğrusal bir boyutta (L) (ör.: boy uzunluğu), belirli bir yüzde ile değişiklik yapılırsa, diğer doğrusal boyutlar (ör.: gövde boyu, kol boyu) da aynı oranda değişirler. Alan, doğrusal boyutun karesi ile orantılı (L^2), hacim ise doğrusal boyutun küpü ile orantılıdır (L^3). Boyları farklı olan iki bireye bu prensipler uygulandığında, fiziksel yapının performans üzerindeki etkisi daha açık bir şekilde anlaşılır.

Allometrinin Kullanılması

B'nin A'dan %50 daha uzun olduğu kabul edildiğinde ($A=1$, $B=1,5$), teorik olarak A'nın boyu (L), alanı (L^2) ve hacmi (L^3), sırasıyla 1, 12 (=1) ve 13 (=1); B'nin değerleri ise 1,5; 1,52 (=2,25) ve 1,53 (=3,375) olur. Yalnızca boy uzunluğunda farklılık olması halinde, A'nın mı yoksa B'nin mi daha fazla iş yapabileceğini bulmak için ise boyut analizinden yararlanılabilir.

$$\text{İş} = \text{kuvvet} \times \text{mesafe}$$

Allometrinin Kullanılması

Kuvvet, kuvvet üreten kasın enine kesit yüzeyi ile orantılı (L^2) ve mesafe de lineer bir boyut (L) olduğundan, iş L^3 ile orantılıdır. Bundan dolayı, uzun boylu olanlar iş yapmakta ve harici bir objeye karşı kuvvet uygulamakta avantajlıdırlar. Ancak, vücudun yerçekimine karşı hareket ettirilmesini gerektiren aktivitelerde kısa boylular avantajlıdırlar. Örneğin, barfiks çekme hareketindeki mekanik prensip şu şekilde sadeleştirilebilir:

$$\begin{aligned} & (\text{kuvvet} \times \text{kuvvet kolu}) / (\text{yük} \times \text{yük kolu}) \\ & (L^2 \times L) / (L^3 \times L) \rightarrow L^{-1} \end{aligned}$$

Allometrinin Kullanılması

Benzer şekilde, kısa boylu olanlar akselerasyon için avantajlı durumdadırlar.

$$\text{İvme} = \text{kuvvet/kütle} \rightarrow L^2 / L^3 = L^{-1}$$

Bu nedenle A, ivmelenmekte ve vücut ağırlığını yerçekimine karşı hareket ettirmekte (ör.: sınav, barfiks) daha iyi; B, daha fazla kuvvet üretmekte ve dolayısı ile daha fazla iş yapabilmekte (ör.: yük taşıma, fırlatma vb.) avantajlı olur.