



## Anaerobik Performansın Belirlenmesinde Bacak Hacmi ve Kütlesinin Rolü

Ali ÖZKAN<sup>1</sup>, Hakan YARAR<sup>2</sup>, İzzet KIRKAYA<sup>3</sup>, Gürhan KAYIHAN<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Yozgat Bozok Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi. <https://orcid.org/0000-0002-2859-2824>

<sup>2</sup>Yozgat Bozok Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi. <https://orcid.org/0000-0003-4652-5307>

<sup>3</sup>Yozgat Bozok Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi. <https://orcid.org/0000-0002-0468-8434>

<sup>4</sup>Spire Physiotherapy, Didcot Trident Clinic, MSK Physiotherapy. <https://orcid.org/0000-0002-8150-0247>

### To cite this article/ Atıf için:

Özkan, A., Yazar, H., Kırkaya, İ., ve Kayihan, G. (2023). Anaerobik performansın belirlenmesinde bacak hacmi ve kütlesinin rolü. *Uluslararası Bozok Spor Bilimleri Dergisi*, 4(3), 1-23.

### Özet

Bu çalışmanın amacı anaerobik performansın belirlenmesinde bacak hacmi, bacak kütlesinin rolünün belirlenmesidir. Birçok spor dalında yüksek yoğunluklu güç üretiminin kısa süreli patlamaları performansta önemli bir rol oynar. Takım sporu aktiviteleri, ileri ve geri hareketler, farklı yoğunluklarda koşular ve sürekli güçlü kasılmalar gibi çeşitli patlayıcı hareketlerden oluşur. Bu nedenle güç ve kapasiteden oluşan bu spor türlerinde anaerobik performans çok önemlidir. Anaerobik performans yaş ve cinsiyet, kas lifi bileşimi, kas kesit alanı ve antrenman gibi birçok faktöre bağlıdır. Bacak hacmi ve bacak kütlesi, oyuncuların anaerobik performansında önemli bir rol oynar. Oyuncunun ve antrenörün, antrenmanın hedeflerini netleştirmek, kısa ve uzun vadeli antrenman programları planlamak, objektif geri bildirim sağlamak ve oyuncuyu daha sıkı antrenman yapmaya motive etmek için oyuncuların fiziksel performansları hakkında objektif bilgi edinmesi önemlidir. Buna ek olarak, kısa mesafeli sprintlerde, atlamada, şutta, dönüşlerde ve top sürmede performansı artırmak isteyen antrenör bacak hacmini ve kütlesini artırmaya çalışmalıdır. Ayrıca, bu çalışmanın sonuçları bacak hacmini ve kütlesini artırmaya yönelik spesifik düşük kuvvet antrenmanlarının anaerobik ve dolayısıyla spor performansını artıracığını göstermektedir. Sonuç olarak, çalışmadaki bacak hacminin ve bacak kütlesinin anaerobik performanslarında belirleyici rol aldığını göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Anaerobik performans, Bacak hacmi, Bacak kütlesi

## The Role of Leg Volume and Mass in Determining Anaerobic Performance

### Abstract

The purpose of the present study was to investigate the role of leg volume, leg mass in anaerobic performance. In many sports short bursts of high intensity power production play a major role in performance. Team sport activities are comprised of varying explosive movements like forward and backward shuffles, runs at different intensities and sustained forceful contractions. Therefore, anaerobic performance is crucial in these types of sports which consist of power and capacity. Anaerobic performance depends on many factors, such as age and sex, muscle fiber composition, muscle cross sectional area and training. leg volume and leg mass play an important role in anaerobic performance in players. It is important that the player and coach obtain objective information about the players' physical performances to clarify the objectives of training, plan short and longterm training programmes, provide objective feedback and motivate the player to train harder. In addition, the coach who wishes to improve performance over short distance sprints, jumping, shooting, turns and dribbles should seek to increase leg volume and mass. Furthermore, the results of this study suggest that specific lower strength training to increase leg volume and mass will enhance anaerobic and thus sports performance. Results indicate that leg volume and mass are correlated with anaerobic performance. This is consistent with the results of previous studies: leg volume was correlated with peak power and mean power or a relationship was identified between leg volume-mass and anaerobic performance. As a conclusion, the findings of the present study indicated that leg volume and leg mass plays important role in anaerobic performance.

**Keywords:** Anaerobic performance, Leg volume, Leg mass

## **GİRİŞ**

Sporcuların sahip olduğu sağlık ve performans ile ilgili fiziksel uygunluk düzeyini ve sporsal verimi etkileyen bazı faktörler bulunmaktadır. Bunlar bu sporsal verimi etkilediği düşünülen yaş, cinsiyet, bacak hacmi-kütle, kasın kesit alanı, kas fibril tipi, deneyim, diyet, enzim aktivitesi gibi faktörler olarak ele alınabilmektedir. Bu ifade edilen faktörlerin uygulanan spor branşına uyum sağlaması başarının anahtarı olarak kabul edilebilir. Seçilen ya da yapılan spor branşına uyum sağlayabilmek için uygulanan antrenman sisteminin yoğunluğuna ve süresine bağlı olarak değişebilir. Yapılan bir çok spor branşında sergilenen hareketlerin patlayıcı bir formda sergilenebilmesi o spor branşları için performansın göstergesi olarak kabul edilirken, anaerobik güç ve kapasite patlayıcı bir formda yüksek şiddetli ve kısa formlarda uygulamaların temel belirleyicisi olarak kabul edilmektedir (Astrand ve ark., 1986; Kin-İşler ve ark., 2008). Anaerobik güç ve kapasite kısa sürede olup biten veya patlayıcı bir kuvvet içeren spor dallarında da çok önemli olduğu dile getirilmektedir.

Anaerobik güç tüm sportif etkinlikler için önemli olmasının yanı sıra, anaerobik gücün baskın olduğu bazı spor branşlarında da önemi artmaktadır. Bazı takım sporlarında (hentbol, futbol, buz hokeyi, basketbol, ampute futbol (Özkan ve Kin-İşler, 2010; Köklü ve ark., 2015; Özkan ve ark., 2012; Özkan ve ark. 2013), amerikan futbolu (Kin-İşler ve ark., 2008; Ozkan ve Kin-İşler, 2011), tenis (Doğan ve Özkan, 2021), güreş (Vardar ve ark., 2007; Zorba ve ark., 2010), dağcılarda (Özkan ve Sarol, 2008) ve benzeri bir çok spor dalındaki bazı hareketler ani, hızlı ve yüksek şiddetli formda yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç genellikle anaerobik enerji sistemi tarafından karşılanmaktadır. Bu şartlar ön plana çıktığında sporcuların sportif performanslarını ortaya çıkarabilmeleri için anaerobik performanslarının test edilerek ortaya çıkarılması çok önemlidir.

### **Anaerobik Güç ve Kapasite**

Sporlarda anaerobik performans (AP) diye tabir edilen gösterge, anaerobik güç (AG) ve kapasiteyi (AK) ifade etmektedir. Anaerobik güç, kısa süreli yapılan ve yüksek şiddetli kas aktivitelerini içeren etkinliklerinde bireyin fosfojen sistemini ortaya koyma yeteneği olarak ele alınırken, Anaerobik kapasite ise anaerobik glikoz ve fosfojen sisteminin kombinasyonundan ortaya çıkan enerji miktarının toplamı olarak kabul edilmektedir (Rogers, 1990; Perrin, 1993). AP'yi, yaş ve cinsiyet, kas kesit alanı, kas tipi, kas kitlesi, kalıtım, antrenman, vücut kompozisyonu, kas kuvveti oldukça etkilemektedir. Ayrıca bacak hacmi-kütlesi (Özkan, Arıburun ve Kin İşler, 2009), kas kesit alanı, fibril uzunluğu ve kitlesi anaerobik şartlarda kasın üreteceği gücü etkileyen en önemli özelliklerdendir.

### **Anaerobik Performansı Etkileyen Fizyolojik ve Fiziksel Mekanizmalar**

#### **Anaerobik Güç-Kapasite ve Enerji Sistemleri**

Spor Bilimleri ve antrenman bilimi alanındaki en önemli konularından kabul edilen enerji üretim süreçleri, insan vücudunun farklı hareketleri ortaya koyabilmesi bireyin sahip olduğu enerji ve üretim kapasitesine bağlıdır. Enerji sistemin, ön görülen bir egzersiz için ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmını tedarik edebilmesi, uygulanan egzersizin yapısına göre değişmektedir. Bu uygulanan egzersizler bir kaç saniyeyi içeren ani çok hızlı enerji üretimi ihtiyacı oluşturan sıçrama hareketlerinden oluşan, iki üç saat sürebilen maraton koşusu gibi

uzun süreli ve daha yavaş enerji üretimine ihtiyaç duyan hareketlere kadar değişiklik göstermektedir. Kısa süreli yüksek şiddet içeren tüm kas aktivitelerini (sprint, sıçrama, topa smaç vurma, ani yön değiştirme, ağırlık kaldırma vb.) tamamlayabilmek ya da sonuçlandırabilmek için acil, hızlı ve çabuk enerji kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Bir kasın kasılabilme yeteneğini sergilemesi için gereken bu hızlı, acil ve çabuk enerji kaynağı için ATP'ye ihtiyaç duyar (Özkan ve ark., 2010). Miyozin flamanındaki ATPaz enzimi ATP'yi ADP ve inorganik fosfata parçalar ve fosfat bağındaki enerji açığa çıkar. Kasta ATP seviyesinin tekrar ulaşabilmesi için devreye alınan anaerobik sistemler yüksek enerjili fosfat bileşiklerinden enerji transferi ve karbohidratların anaerobik glikozudur. İhtiyaç duyulan enerji ifade edildiği üzere fosfojen ve laktik asit sisteminden elde edilir (Reiser, ve ark., 2002). Genel olarak düşünüldüğünde anaerobik gücün fosfojen sistemine bağlandığını ve maksimal anaerobik gücü ifade ettiği belirtilmiştir.

### **Kalıtım**

Kalıtım bireylerin anaerobik veya aerobik performans göstergelerinden hangisine daha yatkın olduğunu ve uygulanan ya da planlanan antrenmana veya egzersize ne kadar cevap vereceğini belirleyen en önemli faktörlerdendir (Bouchard ve ark. 1991). Simoneau ve ark. (1986) tarafından yapılan 10 saniyeli maksimal güç testi ele alınarak genetik faktörlerin sportif performansı %70 etkilediği gözlemlenirken, uzun süreli anaerobik performans değişkeninde genetik faktörlerin herhangi bir etkisi olmadığı ifade edilmiştir. Yapılan araştırmalarda genetik faktörlerin kas tiplerinin ve iskelet kaslarında yer alan enzim aktivitelerinin etken olduğunu ve bu yüzden anaerobik performansın etkilendiği düşünülmektedir (Bouchard ve ark. 1991).

### **Cinsiyet**

Günümüzde kadınların sportif performans anlamında yüksek şiddetli egzersiz ve antrenmanlara ya da branşlara katılımındaki artış spor bilimcileri sportif performans yönünden cinsiyetler arasındaki performans farklılıkları araştırmaya yönlendirmiştir. Sportif performansın göstergelerinden biri olan anaerobik performans (güç-kapasite) yönünden cinsiyet farklılıklarını ele alan çalışmaların sayısında hızlı bir şekilde artmıştır (Koşar ve Kin İşler, 2004; Taş ve ark., 2013; Soslu ve ark., 2013).

Araştırmacılar tarafından ele alınan çalışmalarda erkeklerin mutlak değerler yönünden ele alınan anaerobik performanslarının kadınlardan daha yüksek değerlere sahip olduğunu göstermiştir (Armstrong ve ark., 2001; Bencke ve ark., 2002; Duche ve ark., 2002; Koşar ve Kin İşler, 2004). Relatif değerler yönünden anaerobik performanslar ele alındığında bazı araştırmalarda da benzer şekilde cinsiyetler arası farklılıkların azaldığı fakat hala var olduğu ifade edilmiştir (Armstrong ve ark., 2001; Bencke ve ark., 2002; Duche ve ark., 2002; Koşar ve Kin İşler, 2004; Murphy ve ark., 1986).

### **Yaş**

Anaerobik güç ve kapasite cinsiyet farkı olmaksızın kız ve erkeklerde ilerleyen yaşla birlikte artış gösterirken (Dore ve ark., 2001), anaerobik performans değişkenleri on yaştan itibaren genç yetişkinliğe ulaşılanlara kadar benzer şekilde hem bacak hem de kolda sabit bir şekilde arttığı ele alınmaktadır. Mutlak anaerobik performans (güç-kapasite) bacak için otuzlu

yaşlarda kol için yirmili yaşlarda en üst düzeye ulaştığı dile getirilmektedir. Ayrıca erkek ve kadınlarda WAnT'taki anaerobik performans değerlerinin otuzlu yaşlara kadar geliştiği ifade edilmektedir (Blimkie,1988).Martin ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada aynı antropometrik özelliklere sahip katılımcıların yaşla birlikte mutlak anaerobik performans değerlerinin değişimini ele alınmıştır. Bu çalışmaya katılan denekler puberte öncesi evre, puberte evresi ve puberte sonrası olarak üç gelişim evresinde değerlendirilmiştir. Puberte öncesi evre, puberte evresi ve puberte sonrası evre gruplarının grup içi mutlak anaerobik performans değerlerinin yaşla bağlı olarak anlamlı şekilde arttığı vurgulanmıştır. Bu çalışmada benzer yağsız bacak hacmi, bacak boyu ve vücut yağ yüzdesine sahip 14–16, 12–14 ve 10–12 yaş grubu çocukların maksimal gücünün sırasıyla %14.2, %19.8 ve %17.2 oranında arttığı ifade edilmiştir. Ayrıca puberte öncesi grubun maksimal gücünde meydana gelen artışın optimal hızda %9.3'lük bir artışı beraberinde getirdiği belirtilmiştir. Puberte evresi ve puberte sonrası grupta ise sırasıyla %12.2 ve %13.2'lik bir optimal gücü beraberinde getirdiği vurgulanmıştır. Anaerobik performansta yaşla birlikte artış göze çarpmaktadır. Kısa süreli patlayıcı güç performanstaki farklılıklar boy uzunluğunda ve vücut ağırlığında meydana gelen artıştan kaynaklanabileceği yukarıdaki çalışmalarda da ifade edilmektedir (Inbar ve Bar-Or, 1986). Ayrıca bu artışa bağlı olarak bacak hacmi ve kütlelerinde arttığını ifade edebiliriz.

### **Antrenman**

Antrenmanın anaerobik performans üzerine olan etkilerine bakıldığında ise, yapılan düzenli antrenmanların anaerobik performans artışına neden olduğu görülmektedir (Ingulf ve Burgers, 1990). Ingulf ve Burger (1990) yaptıkları araştırmada 6 haftalık antrenman programı sonrasında anaerobik güç ve kapasite değerlerinde %10'luk bir artış gözlemlemişlerdir. Rotstein ve ark. (1986) ise 9 haftalık interval antrenmanının anaerobik güçte %14, kapasitede %10'luk bir gelişim sağlayacağını belirtmişlerdir.

Chromiak ve ark. (2004) haftada 4 gün ve 10 hafta boyunca yapılan kuvvet antrenman programı sonunda yaş ortalaması 22.2 olan deneklerin anaerobik güç ve kapasitelerinde bir artışın olduğunu ifade etmişlerdir. Luebbers ve ark. (2003) 4 haftalık dinlenme periyodu sonunda yapılan 4 haftalık ve 7 haftalık iki ayrı pliometrik antrenman programının anaerobik güce ve sıçrama yetilerine olan etkisini incelemişler, hem 4 hafta hem de 7 hafta boyunca antrenman uygulayan grupların anaerobik gücünde anlamlı bir artışın olduğunu, gruplar arasında ise anaerobik güç açısından herhangi bir farkın bulunmadığını ifade etmişlerdir.

### **Vücut Kompozisyonu**

Sporcunun vücut kompozisyonu; kuvvet, güç, esneklik, sürat, dayanıklılık ve çabukluk gibi performans göstergeleriyle birlikte yüksek düzeyde performans göstergelerinden sadece bir tanesi olarak karşımıza çıkmaktadır ve sporcunun sportif performansını olumlu yönde etkilemektedir (Açıkada ve Ergen, 1990). Sedanter bireyler ve sporcular için vücutta fazladan bulunan yağ miktarı ve yağ oranı performansı olumsuz etkileyen bir özellik taşımaktadır. Vücut yağ oranının fazla olması kuvvet, çeviklik ve esnekliğin azalmasına ve enerji kaybına neden olmaktadır. Çünkü sportif performansı etkileyen faktörlerden biri de vücut yağ oranıdır. Aynı çevre büyüklüğüne sahip iki kas farklı oranda yağ dokusu içerdiklerinde farklı kuvvet sergileyebilmektedir. Anaerobik veya aerobik çalışmayı kapsayan bütün spor branşları içinde vücuttaki yağlı dokuların fazlalığı, yağsız beden kütlesinin azlığı performansı olumsuz yönde

etkilemektedir. Başka bir deyişle yağ seviyesinin yüksek olması sporcunun performansını olumsuz yönde etkilemektedir (Dore, Bedu, França ve Praagh, 2001). Yağ dokularının kas dokuları gibi vücudun enerji deposu diye ifade edilen ATP yapımına hiçbir katkısı yoktur. Kasların hareketlerini kısıtladığından dolayı fazla enerji harcamasına sebep olur. Fakat vücudun direnci ve iç organların korunması için belli miktarda yağ dokusunun bulunması gerekir (Doğu ve ark., 1994). Anaerobik enerjinin baskın olduğu spor branşları düşünüldüğünde vücut yağ yüzdesinin optimal olması durumunda, anaerobik performansı olumlu etkilediği inkar edilemez bir gerçektir. Anaerobik performans öncelikle yağsız vücut kütlesi ve kasın boyutları olmak üzere vücut boyutlarıyla yakından ilişkilidir. Anaerobik performansta yaş ve cinsiyet önemli bir faktör olmakla beraber, kas kitlenin boyutları ve morfolojisi daha belirleyicidir. Son yapılan çalışmaların sonuçları bacak kas hacmindeki gelişmenin kısa süreli güç çıktısı üzerinde anlamlı bir ilave katkı sağlayacağını göstermektedir (De Ste Croix, 2000). Özkan ve Sarol (2008) tarafından dağcılarda yapılan çalışmada elde edilen sonuçlarda bu sonucu destekler biçimdedir. Özkan ve Sarol (2008) yaptıkları çalışmada da vücut yağ yüzdesi, yağ kütlesi, yağsız beden kitlesi ile anaerobik güç ve kapasite arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ifade etmişlerdir. Özkan ve ark. (2009) tarafında yapılan başka bir çalışmada da Amerikan futbolcularında aynı sonuçlar elde edilmiştir.

### **İskelet Kası**

İskelet kası insan vücudunun en büyük organıdır. İnsan vücudu 400'den fazla istemli iskelet kasını içermektedir ve bu da toplam vücut ağırlığının %40 ile %50'sini oluşturmaktadır (Fox ve ark., 1993). Ayrıca normal yaşam için gerekli olan hareketleri sağlayan yüzlerce vücut kasına ayrılmaktadır. İskelet kasının üç önemli görevi bulunmaktadır. Bunlar hareket için kuvvet oluşturmak, postürel destek oluşturmak, soğuk stres süresince ısı oluşturmaktır. İskelet kasının en belirgin görevi bireyin rahatça hareket etmesini sağlamaktır. Kardiovasküler, sinir ve hormonal sistemler gibi birçok sistem kasların fonksiyonunu etkilemektedir ancak hareketi yaratan organ kastır (Kin-İşler, 2003). Bununla birlikte iskelet kası tendonlar aracılığı ile iskelete tutundukları için, mikroskopla bakıldığında açık ve koyu görünen enine çizgilenmeleri olduğu için çizgili kas, isteğe bağlı olarak çalıştıkları için de istemli kaslar olarakta adlandırılmaktadır (Koz ve ark., 2003).

### **İskelet Kası Fibril Tipleri**

İskelet kasları farklı metabolik ve fonksiyonel özelliklere sahip kas liflerinin bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Ancak herhangi bir motor üniteye yer alan kas liflerinin hepsi benzer biyokimyasal ve fizyolojik özellikler gösterir. Bu aynı motor üniteye yer alan kas liflerindeki kontraktıl, düzenleyici ve metabolik proteinlerin konsantrasyon ve özelliklerinin homojen bir yapı gösterdiği anlamına gelir. Kas liflerinin histokimyasal ve immünokimyasal boyama yöntemlerine göre, myozin içerisinde yer alan myozin ağır zincirinin farklı izoformlarına göre ve motor ünitelere göre sınıflanması gibi değişik yöntemlerle sınıflandırılmaktadır. Değişik yöntemlerle sınıflandırılmaktadır. Değişik sınıflama yöntemleri arasındaki ilişkiye bakıldığında kasların hepsinin aerobik (oksijenli) (Tip I) ve anaerobik (oksijensiz) (Tip II) metabolizma özelliklerine sahip olsalarda bazı kas lifleri ve o liflerin bulunduğu kaslarda metabolik özelliklerin birisi daha gelişmiştir (aerobik ya da anaerobik) (Koz ve ark., 2003). Tip I kas fibrilleri aynı zamanda yavaş kasılan (ST), oksidatif ve kırmızı fibriller olarak da

adlandırılırken, Tip II kas fibrilleri hızlı kasılan (FT), glikolitik ve beyaz kas lifleri olarak da adlandırılmaktadır. İsimlerinden de anlaşılacağı gibi kas fibrilleri kasılma özelliklerine ve kullandıkları enerji sistemine göre sınıflandırılmaktadır. Buna bağlı olarak anaerobik performansı yüksek olan sporcuların daha yüksek Tip II lifine sahip oldukları belirlenmiştir (Bouchard, 1991, Simoneau, 1986). Ayrıca kas fibril uzunluğu, kas kesit alanı, bacak hacmi ve kas kütlesi anaerobik şartlarda kasın üreteceği güç üzerinde belirleyici rol alan özelliklerdendir. Araştırmalarda sıklıkla bacak hacmi, kas kütlesi ve kas kesit alanı fazla olan deneklerin anaerobik performanslarının daha iyi olduğu ifade edilmektedir (Armstrong, 2001; De Ste Croix, 2000; Dore, 2001).

### **Anaerobik Performansın Ölçülmesi**

Anaerobik güç ve kapasitenin belirlenebilmesi için egzersiz fiziolojisi laboratuvarlarında yaygın olarak çeşitli testler kullanılmaktadır (Inbar ve Bar-Or, 1986). Bouchard ve diğ. (1991); bu alanda kullanılan laboratuvar testleri ile ilgili yaptıkları çalışmada, anaerobik kapasitenin değerlendirilmesinde 17 değişik test kullanıldığını saptamışlardır. Bu testlerin güvenilirlik katsayıları 0.76-0.98 arasında değişmektedir (Inbar ve Bar-Or, 1986; Evans ve Quinney, 1981). Anaerobik güç ve kapasiteyi ölçmeye yönelik testler, çok yüksek şiddetle, birkaç saniye ya da birkaç dakikada yapılan egzersizleri içeren testlerdir. Anaerobik performansı ölçen testler genellikle "çok kısa" ve "kısa" anaerobik testler olarak iki grupta incelenmektedir. Çok kısa süreli testler alaktik anaerobik sistem hakkında bilgi verirken, kısa süreli testler ise laktasit anaerobik sistem hakkında bilgi vermektedir.

Wingate anaerobik testi (WAnT) de anaerobik performansın hem laktasit (ortalama güç) hem de alaktasit (maksimum güç) bileşeni hakkında bilgi verebilen, anaerobik özelliği belirlemeye yönelik testlerden birisidir (Evans ve Quinney, 1981). Wingate Anaerobik Güç Testi 1970'li yılların başında Wingate Enstitüsünde geliştirilmiştir. 1974 yılından sonra bütün dünyada kasın gücünü, dayanıklılığını ve yorulabilirliğini ölçmek, kısa süreli yüksek yoğunluklu egzersizlerde kas metabolizması hakkında bilgi edinmek ve atletik performansı değerlendirmek amacıyla egzersiz fiziolojisi laboratuvarlarında çok sık olarak kullanılmaya başlanmıştır. Kas gücünü biyokimyasal, histokimyasal ve fizyolojik ölçütlere bakmaksızın indirekt olarak ölçülmesi; kasın maksimal gücü, dayanıklılığı ve yorgunluğu hakkında bilgi vermesi; basit, emniyetli ve objektif olması her yerde bulunabilecek pahalı olmayan araç ve gerece ihtiyaç duyması; özel bir beceri gerektirmemesi ve her yaş, cinsiyet ve fiziksel uygunluk düzeyine sahip kişilere uygulanabilir olması bu testin yaygın olarak kullanılma nedenidir. Çeşitli denek gruplarında yapılan çalışmalarında WAnT güvenilirlik katsayısı 0.89 -0.99 arasında bulunmuştur. WAnT testi 30 saniye süresince, sabit bir yüke karşı maksimal hızda pedal çevirmeye dayanır. Uygulanacak sabit yük, en yüksek mekanik gücü sağlayacak şekilde belirlenir. Wingate testinde optimal yükü belirlerken elde edilen ortalama güç ve pik güç değerleri monark ergometreye yerleştirilen yük ve pedal çevirme sayısından etkilenmektedir. Bu iki parametre değerleri kişiden kişiye değişiklik göstermektedir. Bu yüzden maksimal anaerobik gücün değerlendirilmesinde, her denek için en yüksek pik güç ve ortalama güç değerlerine ulaşabilecekleri yükün ayarlanması çok önemlidir. Wingate testinde çeşitli yükler kullanılabilir. Wingate testi için orjinal olarak ileri sürülen yük vücut ağırlığının kg'ı başına 75gr'dır. Bu yük antrenmansız gençlerden oluşan küçük bir grup üzerinde yapılan bir çalışmaya dayanarak tesbit edilmiştir ve çoğu yetişkin için düşük

kalmıştır. Bu anlamda bazı araştırmacılar tarafından farklı yükler kullanılarak yapılan wingate testinde farklı yükler uygulandığında, bu değerlerin daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir. Optimal yükün belirlenmesinde aktif kas kitlesini dikkate almanın daha doğru olacağını öne sürerek vücut ağırlığı ve bacak hacmine dayanan bir optimal yük belirleme formülü önerilmiş ve bazı araştırmacılar tarafından kullanılmıştır. Fakat bacak hacminin ölçümü için ek donanım gerektirdiğinden bazı laboratuvarlar bu formülü benimsememiştir. Araştırmalarda en yüksek ortalama gücü ortaya çıkarmak için gereken yük, orjinal olarak önerilenden yaklaşık olarak %20 daha yüksek olduğu görülmektedir. Sporcularda, özellikle yüksek güç değerlerini ortaya çıkaran yükün daha yüksek olduğunu göstermiştir. Ortalama güç için bu yük yetişkinlerden çocuklara göre, erkeklerde de kadınlara göre daha yüksektir (Evans ve Quinney, 1981; Maud ve Shultz, 1986; Özkan ve ark., 2010; Özkan ve ark., 2011). Bar-Or (1987) sporcu olmayan erkek yetişkinler için 90g/kg, yetişkin erkek sporcular için 100g/kg yük kullanılmasını önermekteyken Vandewalla (81) tarafından yapılan çalışmada erkekler için 95g/kg, kadınlar için 86g/kg, çocuklar için 75g/kg'lik yüklerin uygun olduğu belirtilmiştir. Araştırmalarda wingate anaerobik güç testinde farklı yükler kullanıldığı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca çalışmalarda elde edilen sonuçların farklılık göstermesi wingate anaerobik güç testinde optimal yükün belirlenmesinin önemli olduğunu göstermektedir.

### **Hacim ve Kütle**

Hacimi, cisimlerin en temel özelliklerinden biridir. Hacim, genel olarak ele alındığında bir maddenin uzayda kapladığı yer olarak ifade edilir. Hacim “V” harfi ile gösterilir. Hacim birimi genel olarak; uzunluk, genişlik ve yükseklik ölçümü gerektirir. Hacim birimleri uzunluk birimlerinden türetilebilir. Metreküp (m<sup>3</sup>) bir hacim birimidir. Ancak, metreküp çok büyük bir hacim ölçüsüdür. Pratikte daha küçük hacim ölçüleri kullanılır. Litre (L) bunlardan birisidir (Kılıçkaya ve Cemalciler, 1996). Cisimlerin en temel özelliklerinden bir diğeri ise kütledir. Genel olarak kullanıldığında, bir cismin içerisindeki madde miktarının ölçüsüdür. Kütle “m” harfi ile gösterilir. Kilogram (kg) ve gram (g) kütle birimidir ve bütün maddelerin ortak özelliğidir (Katch, 1974). Yoğunluk ise cisimlerin en temel özelliklerinden bir diğeri. Birim hacimdeki madde miktarına yoğunluk denir. Yoğunluk “d” harfi ile gösterilir. Yoğunluk birimi gram/santimetreküptür (g/cm<sup>3</sup>) (Formül 1).

$$d = m / V \quad \text{(Formül 1)}$$

$$d = \text{Yoğunluk (g.cm}^{-3}\text{)}$$

$$m = \text{kütle (g)}$$

$$V = \text{hacim (cm}^{-3}\text{)}$$

Saf maddelerin (element ve bileşik) yoğunluklarına sabittir. Karışımların yoğunlukları ise sabit değildir. Bir maddenin yoğunluğundan söz ederken sabit bir sıcaklıktaki yoğunluğundan söz edilmelidir. Sıcaklık değiştiğinde maddenin hacmi değişeceğinden yoğunluğu da değişir (Kılıçkaya ve Cemalciler, 1996). Ekstrimite hacimlerinin belirlenmesinde kullanılan farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemleri ele aldığımızda bunları direk ve indirek yöntemler olarak iki kısımda ele almamız mümkündür. Hacim değişimleri su taşıma yöntemi ile direk ölçülebilirken, çevresel ölçümlere dayalı farklı indirek yöntemlerle de ölçülebilmektedir

(Kaulesar ve ark., 1993). Hacim belirleme yöntemleri içinde en basiti çevresel yöntemlerle elde edilen hacim belirleme yöntemidir. Bu yöntem geçerliliği olan uygulaması pahalı olmayan, kolay ve tekrar edilebilir bir yöntemdir. Hacim belirlenmesinde kullanılan diğer farklı yöntemler ise; tomografi ölçümleri, x-ray yöntemi, ultrasonografi, manyetik rezonans görüntüleme yöntemleridir. Bu yöntemler, su taşıma ve çevresel yöntemlere oranla daha pahalı yöntemlerdir.

### **Tomografi Yöntemi**

Bedenin herhangi bir bölümünün kesitsel görüntülenmesini sağlamak amacıyla kullanılan bilgisayarlı tomografi yöntem olarak; vücudun ince bir kesitinden geçen x-ışınlarının dedektörlerle ölçülerek bilgisayar yardımı ile görüntü oluşturulması temeline dayanır (Zorba ve ziyagil, 1995; Heymsfield ve ark., 2005).

### **X-Ray Yöntemi**

X-Ray yöntemi ise derialtı yağ dokusunun, kas ve kemik dokunun ölçümlerinde kullanılan radyografinin beden kompozisyonunun belirlenmesinde ideal uygulanır ılığı vardır. Çünkü yumuşak doku röntgenleriyle cilt, yağ doku, kas ve kemiğin çeşitli tabakalarını ayırmak olasıdır. Bu amaç için röntgen tekniğinin kullanılmasına 1920 yılında başlanmıştır, beden bileşenlerinin büyüme devrelerindeki değişimlerinin bilinmesinde tamamlayıcı bilgiler oluşturmuştur (Heymsfield ve ark., 2005).

### **Ultrasonografi Yöntemi**

Kas, kemik ve yağın farklı yoğunlukları ve farklı akustik özellikleri olduğu için doku tipleri arasında ayırım yapma bilmek için ultrasonografi yöntemi kullanılır. Özel bir transdüzerden kaynaklanan ses dalgaları adipoz dokuya girdiğinde farklı yoğunluklar karşısında farklı yansımalar oluşur. Bu yansımalar özel bir bilgisayar donanımı ile görüntüye dönüştürülür. Hafif, taşınabilir ultrason aracı ile deri ve kas arasındaki katmanları ile kas-kemik katmanları arasındaki uzaklık ölçülebilmektedir. Ultrason sayacı deri yüzeyine yüksek frekanslı ses dalgaları yayar. Ses dalgaları adipos dokuyu geçerek kas dokusuna ulaşır, burada ses dalgaları yansıyarak ultrason ünitesine geri döner. Ses dalgalarının dokuyu geçme ve dönme zamanı uzaklık skoruna çevrilerek dijital olarak görüntülenir (Heymsfield ve ark., 2005).

### **Manyetik Rezonans (Mr) Görüntüleme Yöntemi**

Manyetik alanda yansıyan radyo frekans dalgaları kullanan görüntüleme yöntemiolarak bilinen manyetik rezonans (MR) görüntüleme yöntemi 1980'lerden bu yana teşhis maksatlarla kullanılan geçerli bir tekniktir. MR, x-ışınları kullanmaksızın vücudun çok detaylı görüntülerini verebilmektedir. Bu çalışma, içinde iki hidrojen çekirdeği bulunan ve vücudun moleküllerinin %90'ında su moleküllerinin olması sebebiyle yapılı ve incelenen bölgenin her düzlemde kesit görüntüsü veya üç boyutlu görüntüleri elde edilebilir. MR incelemelerinin büyük çoğunluğu herhangi bir ön hazırlık gerektirmeden yapılır. MR görüntüleme yönteminde, yüksek bir manyetik alan yaratan çok güçlü mıknatıslar ve radyo dalgaları kullanılır. Manyetik alan şiddeti Tesla veya Gauss (1 Tesla = 10.000 Gauss) olarak ölçülür (Heymsfield ve ark., 2005; Tothill ve Stewart, 2002; Zorba ve Ziyagil, 1995).



## Su Taşıırma Yöntemi

Su taşıırma yöntemi, Arşimet Prensibine dayanmaktadır. Su içine batırılan bir cismin hacmi tank içindeki suyun yükselme derecesi ile ölçülebilmektedir ya da bu teknikte tank içinde veya dışıında bir kenara yerleştirilmiş dereceli pipet içinde yükselen suyun seviyesi kaydedilir. Uygun biçimde kalibrasyonu yapılmış pipetin içindeki su seviyesi batırılan cismin hacmini verir. Sonuç olarak “sudaki bir cisim tarafından taşıırılan suyun hacmi, o cismin hacmine eşittir” (Özer, 1993; Zorba ve Ziyagil, 1995).

## Su Taşıırma Yöntemi ile Bacak Hacmin Belirlenmesi

Bacak hacminin belirlenmesinde öncelikle referans bölgeler belirlenir ve daha sonra ölçüme tabi tutulur. Bacakta ilk olarak gluteal katlantı (Şekil 2) belirlenir. Gluteal katlantı ile ayak tabanı arasındaki hacim bacak hacmi olarak kabul edilir.

## Gluteal Katlantının Belirlenmesi

Bacak hacmi ölçülecek denek slıip mayo giydikten sonra ölçüm bacağıının gluteal katlantı bölgesi belirlenir. Denek dik pozisyondayken ölçüm bacağıının karşıt bacağıını diz 90° fleksiyonda ve uyluğu da gövde ile 90° açı yapacak şekilde bir sehpanın üzerine koyar. Ölçüm bacağıında meydana gelen gluteal katlantı sudan etkilenmeyen bir kalemle işaretlenir. Daha sonra denek bacağıını indirir ve dik konumda, bacakları omuz genişliğinde açık olacak şekilde hareketsiz durur, su terazisi monte edilmiş 50 cm’lik cetvelin (Şekil 1) bir ucu işaretin üzerine koyulduktan sonra terazi dengeye getirilir ve gluteal katlantı çizgisi çizilir.



Şekil 1: Su Terazili Çetvel

Çift taraflı ölçümlerde diğer bacağıın gluteal katlantı bölgesinin minimum hata ile belirlenmesi için önceki bacağıın gluteal katlantı bölgesi referans alınır. Yukarıda ifade edilen yöntemle bir bacağıın gluteal katlantı bölgesi işaretlendikten sonra denek dik konumda, bacakları omuz genişliğinde açık olacak şekilde hareketsiz dururken, su terazisi monte edilmiş 50 cm’lik cetvelin bir ucu belirlenmiş olan gluteal katlantı noktasına yerleştirildikten sonra diğer ucu su terazisi dengede olacak şekilde gluteal katlantı bölgesi belirlenir diğer bacağıa yerleştirilerek gluteal katlantı çizgileri çizilir (Şekil 2).



Şekil 2: Gluteal Katlantının Belirlenmesi

## Uyluk Hacminin Ölçülmesi

Uyluk hacmi ölçülecek denek slıip mayo giydikten sonra ölçüm bacağıının gluteal katlantı bölgesi belirlenir. Denek dik pozisyondayken ölçüm bacağıının karşıt bacağıını diz 90° fleksiyonda ve uyluğu da gövde ile 90° açı yapacak şekilde bir sehpanın üzerine koyar. Ölçüm bacağıında meydana gelen gluteal katlantı sudan etkilenmeyen bir kalemle işaretlenir. Uyluk hacmi, gluteal katlantı ile tibial nokta arasındaki hacim olarak belirlenir. Bu hacim, iç kazana su doldurulduktan sonra bacak gluteal katlantı kadar kazana sokularak TB’de biriken taşıırma suyunun ml cinsinden ölçülmesiyle saptanır (Şekil 3).



Şekil 3. Uyluk Hacminin Ölçümü

Bacak hacmi ölçüm protokolü olarak bacak hacminde uygulanan protokol kullanılır ve buna ek olarak aşağıdaki formül kullanılır (Formül 2).

$$UH = BCH - (BH + AH) \quad (\text{Formül 2})$$

UH= Uyluk Hacmi

BCH= Bacak Hacmi

BH= Baldır Hacmi

AH=Ayak Hacmi

### Baldır Hacminin Ölçülmesi

Baldır hacmi, tibial nokta ile ayak tabanı arasındaki hacim olarak belirlenir. Bu hacim, iç kazana su doldurulduktan sonra bacak tibial noktaya kadar kazana sokularak TB’de biriken taşma suyunun ml cinsinden ölçülmesiyle saptanır (Şekil 4).



Şekil 4. Baldır Hacminin Ölçümü

Baldır hacmi ölçüm protokolü olarak bacak hacminde uygulanan protokol kullanılır ve buna ek olarak aşağıdaki formül kullanılır (Formül 3).

$$BH = TNAT - AH \quad (\text{Formül 3})$$

BH= Baldır Hacmi

TNAT= Tibial Nokta ile Ayak Tabanı Arasındaki Hacim

AH= Ayak Hacmi

### Ayak Hacmi

Ayak hacmi, medial malleolus ile ayak tabanı arasındaki hacim olarak belirlenir. Bu hacim, ayak hacmi belirlemek için özel olarak tasarlanmış ölçüm aracına su doldurulduktan sonra ayak medial malleolus kadar ölçüm aracına sokularak mezura (Superior, Germany) biriken taşma suyunun ml olarak saptanır (Şekil 5).



Şekil 5. Ayak Hacminin Ölçümü

## Antropometrik Yöntem

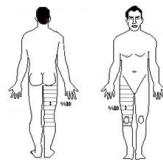
Antropometrik yöntem ise hacmin belirlenmesi amacıyla geliştirilen antropometrik ölçümlerin kullanılması ve eşitlik geliştirilmesi, su taşıma yöntemi ile hesaplanan hacim ile belirli bölgelerdeki deri kıvrım kalınlıkları, çevreler ve çaplar arasındaki ilişkiye dayandırılmaktadır. Antropometrik ölçümlerin en etkili kombinasyonları kullanılarak hacmin belirlenmesi için adım adım regresyon yöntemi uygulanmaktadır (Özer, 1993). Yukarıda da ifade edildiği üzere anaerobik performans kız ve erkeklerde yaşla birlikte artış göstermektedir (Inbar ve Bar-Or, 1986; Dore ve ark., 2001). Yaşın yanı sıra kısa süreli patlayıcı performansın göstergesi olan AG'nin erkeklerde kızlardan daha yüksek bulunmasının ya da kişiler arasında farklılıklarının bulunmasının cinsiyetler ya da kişiler arasındaki vücut ağırlığı, kas kitlesi (Saavedra, ve ark., 1991) ve kas lifi tiplerinin alanlarındaki (Esbjörnsson ve ark., 1993) farklılıklardan kaynaklandığı ifade edilebilir.

Anaerobik veya aerobik çalışmayı kapsayan bütün spor branşları içinde vücuttaki yağlı dokuların fazlalığı, yağsız beden kitlesinin azlığı performansı olumsuz yönde etkilemektedir. Bütün bu şartlar göz önünde tutulduğunda sporcuların performansları açısından anaerobik performans ve kas kuvvetinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Buradan yola çıkarak antrenör ve spor uzmanları çalıştırdıkları sporcunun sahip olduğu güç ve kapasiteyi belirleyip ona göre bir antrenman programı hazırlayarak performansında artış sağlayabilir.

## Çevre Ölçümlerinden Bacak Hacminin Belirlenmesi

### Uyluk Hacmi

Denek ayakta ve bacaklar omuz genişliğinde açık iken ölçümler tibial nokta ile inguinal katlantı arasındaki uzaklık %10 aralıklarla  $\pm 1$  mm hassasiyetle ölçülür (Şekil 6)



Şekil 6. Uyluk hacmi belirlemek için %10 aralıklarla çevre ölçümleri

### Uyluk Hacminin Hesaplanması

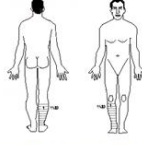
Uyluk hacmi tibial nokta ile inguinal katlantı arasındaki uzaklık %10 aralıklarla ölçüldükten sonra Frustum işaret model yönteminin (Sukul, Hoed, Johannes, Dolger ve Benda, 1993; Lund, Christensen, Savnik, Boesen, Samsøe ve Bliddal, 2002; Karges, Mark, Stikeleather ve Worrel, 2003) tanımladığı gibi önce %10'luk aralıklarla alınan parçaların hacimleri hesaplanmış daha sonra tibial nokta ile inguinal katlantı arasındaki tüm parçaların hacimleri toplanmış ve uyluğun toplam hacmi hesaplanmıştır (Formül 4).

$$R_1 = \frac{C_1}{2\pi} \quad V_k = \sum_{i=1}^{10} \frac{H}{3} \pi (R_i^2 + R_i r_i + r_i^2) \quad (\text{Formül 4})$$

$V_k$  = Uyluk Hacmi  
 $R_i$  = %10' luk parçanın geniş kısmının yarı çapı  
 $r_i$  = %10' luk parçanın dar kısmının yarı çapı  
 $C_i$  = %10' luk parçanın geniş kısmının çapı  
 $c_i$  = %10' luk parçanın dar kısmının çapı  
 $H$  = %10' luk parçanın geniş kısmı ile dar kısmı arasındaki mesafe

## Baldır Hacmi

Denek ayakta ve bacaklar omuz genişliğinde açık iken ölçümler tibial nokta ile medial malleolus noktası arasındaki uzaklık %10 aralıklarla  $\pm 1$  mm hassasiyetle ölçülür (Şekil 7).



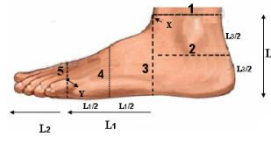
Şekil 7. Baldır hacmi belirlemek için %10 aralıklarla çevre ölçümleri

## Baldır Hacminin Hesaplanması

Baldır hacmi tibial nokta ile medial malleolus noktası arasındaki uzaklık %10 aralıklarla ölçüldükten sonra Frustum işaret model yönteminin (Sukul, Hoed, Johannes, Dolger ve Benda, 1993; Lund, Christensen, Savnik, Boesen, Samsøe ve Bliddal, 2002; Karges, Mark, Stikeleather ve Worrel, 2003) tanımladığı gibi önce %10'luk aralıklarla alınan parçaların hacimleri hesaplanır daha sonra tibial nokta ile medial malleolus noktası arasındaki tüm parçaların hacimleri toplanır ve uyluğun toplam hacmi hesaplanır (Formül 4).

## Ayak Hacmi

Medial malleolus ile tüm ayak belirlendikten sonra gerekli çizimler yapılarak cm olarak ölçülür.



Ayağın arka alt tarafı (tabanı) dikey referans olarak kullanılmıştır. Ayağın medial malleolus üstü ile ayak tabanı arasında tam ortadan geçecek şekilde 2 nolu çizgi yerleştirilmiştir. Resimde de görüldüğü üzere bu çizgiler 1,2 olarak ifade edilmiştir. 1 nolu çizgi medial malleolus üstünü referans alınarak ayağın arka kısmından resimde görüldüğü üzere x noktasına kadar uzatılır. Böylelikle x noktasından ayağın tabanına (3. çizgi) çizilen dikey çizgi ayak mesafe payı için sıfır referans alınır. 3. kısımdan 4 ile 5. parmağın birleşme çizgisine kadar olan mesafe ( $L_1$ ) ölçülür. Bu nokta 5. kısmında y noktası olarak tanımlanmıştır. 4. kısmının yeri ise  $L_1/2$  mesafe olarak tanımlanır. Y noktasından çizilen 5 nolu çizgi ile ayak bağ parmağı arasındaki mesafe  $L_2$  olarak ölçülür. Harpenten kaliper ile her kısmın (1.,2.,3.,4.,5.) maksimum genişlik ( $W_i$ ) ve derinlik ( $D_i$ ) ölçülür. 2. kısmı ve ayak tabanı için yanal orta kısmın maksimum genişlik ölçülmüştür. Maksimum genişlik kaliper kullanılarak en geniş ölçüm verdiği yerden ölçülmüştür (Mayrovitz, Sims, Litwin ve Pfister, 2005).

## Ayak Hacminin Hesaplanması

Her kısımdaki enine kesit alanının ( $S_i$ ) eliptik alan hesabı formül 5.1 ile hesaplanır. Ardışık kısımlarda sınırlanmış bölgeler içeren hacimler frustum modeli kullanılarak hesaplanır. Ayak hacmi hesaplanırken  $h_{i,i+1}$  mesafesi arka arkaya gelen kısımların arasındaki mesafedir (Formül 5.2). 1 nolu çizgiden ayak tabanının altına kadar yükseklik ( $h$ ) değeri ayaktan ayağa değişen  $L_3/2$ 'dir. 3. kısımdan 4. kısmına kadar  $h$  değeri ise ayaktan ayağa değişen  $L_1/2$ 'dir. 5. kısmın

hacmi eliptik parabolik formül 5.3 ile hesaplanır. Toplam ayak hacmi ise tüm kısımların hacimleri toplanarak hesaplanır (Formül 5.4) ((Mayrovitz, Sims, Litwin ve Pfister, 2005).

$$S_i = \pi W_i D_i / 4 \quad (\text{Formül 5.1})$$

$$V_i = (b_{i,i-1} / 3) \{S_i + S_{i+1} + (S_i S_{i+1})^{1/2}\} \quad (\text{Formül 5.2})$$

$$V_2 = \pi L_2 W_2 D_2 / 8 \quad (\text{Formül 5.3})$$

$S_i$ =Enine kesir alanı  
 $W_i$ = Maksimum genişlik  
 $D_i$ =Maksimum derinlik  
 $V_i$ =Hacim  
 $h_i$ =yükseklik  
 $V_2$ =Toplam ayak hacmi

Ayak hacmi ayak tabanı ile medial malleolus noktası arasındaki gerekli çizimler yapılarak tanımladığı gibi yukarıda ifade edildiği şekilde parçaların hacimleri hesaplanır daha sonra tüm parçaların hacimleri toplanır ve ayağın toplam hacmi hesaplanır (Formül 5.4).

$$V_a = V_{1-} + V_2 + V_3 + V_{4-} + V_5 \quad (\text{Formül 5.4})$$

$V_{1-}$ = Ayak hacmi  
 $V_2$ = Birinci bölge hacmi  
 $V_3$ = İkinci bölge hacmi  
 $V_4$ = Üçüncü bölge hacmi  
 $V_{4-}$ = Dördüncü bölge hacmi  
 $V_5$ = Beşinci bölge hacmi

## Kütlenin Hesaplanması

Kütle ölçümlerine uyluk, baldır ve ayak tabii tutulur. Uyluk için tibial nokta ile inguinal katlantı arasındaki uzaklık, baldır için, tibial nokta ile medial malleolus noktası arasındaki uzaklık, ayak için ise medial malleolus ile tüm ayak belirlendikten sonra ölçümler yapılır. Çevre ölçümlerinden yola çıkarak kütle hesaplanmasına uyluk (1), baldır (2) ve ayak (3) (Şekil 8) tabii tutulur. Uyluk için tibial nokta ile inguinal katlantı arasındaki uzaklık, baldır için, tibial nokta ile medial malleolus noktası arasındaki uzaklık, ayak için ise medial malleolus ile tüm ayak belirlendikten sonra Hanavan model yönteminin tanımladığı gibi ölçümler yapılır (Kwon, 1998).



Şekil 8. Hanavan Model Yöntemi

## Uyluğun Kütlesinin Hesaplanması

Denek ayakta ve bacaklar omuz genişliğinde açık iken ölçümler tibial nokta ile inguinal katlantı arasındaki mesafe göz önünde tutularak Hanavan model yönteminin tanımladığı gibi hesaplanır (Formül 6) (Kwon, 1998).

$$m = 0.074VA + 0.138UC - 4.641 \quad (\text{Formül 6})$$

$m$  = uyluk kütle  
 $VA$  = Vücut ağırlığı  
 $UC$  = Uyluğun en geniş çevre ölçümü verdiği yer

## Baldır Kütlesinin Hesaplanması

Denek ayakta ve bacaklar omuz genişliğinde açık iken ölçümler tibial nokta ile medial malleolus noktası arasındaki mesafe göz önünde tutularak Hanavan model yönteminin tanımladığı gibi hesaplanmış (Formül 7) (Kwon, 1998).

$$m = 0.135BC - 1.318$$

(Formül 7)

*m = baldır kütlesi*  
*BC = Baldırın en geniş çevre ölçümü verdiği yer*

## Ayağın Kütlesinin Hesaplanması

Denek ayakta ve bacaklar omuz genişliğinde açık iken ölçümler medial malleolus ile tüm ayak belirlendikten sonra Hanavan model yönteminin tanımladığı gibi hesaplanmış (Formül 8) (Kwon, 1998).

$$m = 0.003VA + 0.048.ABC + 0.027.AU - 0.869$$

(Formül 8)

*m = ayak kütlesi*  
*VA = Vücut ağırlığı*  
*ABC = Ayak bileği çevresi*  
*AU = Ayak uzunluğu*

## Bacak Hacmi ve Kütlesi ile Anaerobik Performans İlişkisi

De SteCroix ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışmada ise bacak kas hacmi ile mutlak anaerobik güç ve kapasite değerleri arasında anlamlı bir ilişkinin bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise vücut ağırlığı, deri kıvrım kalınlığı ve yaşın kontrol altında tutulması halinde bile bacak hacminde meydana gelen artışla birlikte mutlak anaerobik güç ve kapasite değerlerinde bir artışın olduğu belirtilmiştir (Armstrong, 2001). Van Praagh ve ark. (1990) antropometrik teknik kullanarak bacak hacmini kestirmiş hem anaerobik güç hemde kapasite ilişkilendirdiklerini ifade etmişlerdir. Welsman ve ark. (1997) çalışmalarında bacak kas hacmi ile anaerobik performans arasında anlamlı ilişki bulmuşlardır. Buna benzer bir çalışmada da anaerobik güç ile yağsız vücut kütlesi, yağsız bacak hacmi ve vücut ağırlığı arasında ilişki bulunmuştur (Dore, 2001). Literatürdeki yapılan çalışmalarda uyluk çevresinde, baldır çevresinde, bacak hacminde, bacak kas hacminde ve yağsız bacak hacminde meydana gelen artışa bağlı olarak mutlak anaerobik güç ve kapasite değerlerinde artışa sebep olduğu ifade edilmektedir. Bunun nedeninde bacak bölgesini oluşturan kasların, kas kütlesinin ve kas liflerinin fazla oluşu ve kasın meydana getirdiği kuvvet-gücün daha yüksek olabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak yukarıda ifade edilen unsurların yanı sıra sporcuların performansı bireysel ve çevresel faktörlerden etkilenip değişiklik gösterebilmektedir. Yapılan düzenli antrenmanlar sporcuların anaerobik performanslarında artışa sebep olduğu çalışmalarda sıklıkla ele alınmaktadır. Başka bir deyişle anaerobik performanstaki bu artış, ATP-PC depolarında ve laktik asit sisteminin verimliliğinde meydana gelen artıştır. Bu nedenle sporcunun enerji kaynakları ve bu kaynakları kullanabilme yeteneği sportif performansı için önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Erkek ve kız çocukların ergenlik dönemine kadar anaerobik kapasitesi ve kuvveti yaşla birlikte artarken, fizyolojik olarak aralarında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Bazı araştırmalarda erkek çocukların anaerobik kapasitesi ve kuvvetleri, kız çocukların anaerobik kapasitelerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Malina ve ark. 2004; De SteCroix ve ark., 2000). Ancak bu farkın kültürel yapıdan kaynaklanan, çocukların oyun seçimine bağlı olduğu da düşünülmektedir. Ergenlikle birlikte kızlarda hormonal (östrojen hormonu) ve fiziksel yapıya (boy, ekstremite uzunluğu, pelvis yapısı) bağlı olarak

erkeklerle oranla anaerobik kapasite ve kuvvet gelişimleri daha kısıtlı düzeyde olduğu ifade edilmektedir (De SteCroix ve ark., 2000; Bompa, 2003). Anaerobik kapasite ve kuvvet gelişimi ortalama 20'li yaşlarda maksimale ulaşmaktadır (Koşar ve Demirel, 2004) ve çevresel (yaşam alışkanlıkları, aktivite düzeyi) ve içsel (kalıtsal özellikler) faktörlere bağlı olarak 25-30 yaşlarında plato düzeyinde kalıp daha sonra yaşlanmaya bağlı olarak azalmaktadır (Jordan, 1997; Koşar ve Demirel, 2004). Kas kitlesi, uygulanabilen güç miktarı, depo edilebilen enerji maddeleri (Astrand ve ark. 1986), aktivite sonunda oluşan atık maddelerin uzaklaştırabilme kapasitesine bağlı olarak anaerobik kapasitenin belirlenmesinde etkin rol oynayan bir etmen olduğu gibi kuvveti de etkileyen bir unsurdur (Virus, 1995).

Kas kitlesinin büyüklüğü uygulanabilen güç ve kuvvet ile doğru orantılıdır. Ancak burada kasın fibril yapısına ve kası oluşturan yapıların özelliklerine dikkat edilmesi gerekmektedir (Komi, 2005). Bilindiği gibi kasın güç oluşturma kapasitesini, oksidatif yapıda olması (tip-I) ve sarkomer aralığının geniş olması düşürmektedir. Kadınların oluşturabildiği kuvvet erkeklerin oluşturabildiği kuvvetin %65'ine denk gelirken (Bompa, 2003). Bu durum kas kitlesinin yanı sıra kası oluşturan yapıların özelliklerine de bağlı olmaktadır. Martin ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada yaşın, cinsiyetin, vücut ağırlığının ve yağsız bacak hacminin kısa süreli bacak gücüne olan etkisini incelenmiştir. Yaşları 7.5-17.5 arasında değişen 100 kız ve 109 erkek öğrenci ile yapılan çalışmada maksimum bacak gücünde meydana gelen artışın 14 yaşına kadar cinsiyete bağlı olmadığı, bu yaştan sonra bacak gücü değerlerinin kızlarda erkeklere göre daha düşük olduğu ifade edilmiştir. Kızlarda yağsız bacak hacmi maksimum bacak gücündeki değişimin asıl belirleyicisi (%68;  $p<0.001$ ) iken erkeklerde ise yaş belirleyicidir (%57;  $p<0.001$ ). Ayrıca benzer yağsız bacak hacmi için optimal güçte cinsiyetler arasında anlamlı fark olmadığı ifade edilmiştir ( $p>0.05$ ).

İskelet kası yapılan aktiviteye bağlı olarak yüksek düzeyde fiziksel ve fizyolojik uyum gösterme özelliğine sahip bir dokudur. Yapılan aktiviteler gündelik yaşamdan farklı olarak ya daha çok güç gerektiren ya da daha çok dayanıklılık gerektiren aktiviteler olmaktadır. Bu iki tarz uyarana karşı kas sisteminde bir çok uyum gözlemlenmektedir. Genel olarak dayanıklılık tarzındaki aktiviteler için mitokondriyal ve kapiller yoğunluk artmakta kas hacminde çok az ya da hiç değişimin olmadığı gözlemlenmektedir. Bunun yanında güç gerektiren aktivitelerde kas hacminde ve buna bağlı olarak kuvvet gelişiminde bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Kasın kuvvet ve güç oluşturabilme kapasitesi kasın fizyolojik özelliklerinin yanı sıra kasın kesit alanıyla da doğru orantılı bir gelişim göstermektedir (Komi, 2005). Kuvvet kas-sinir sisteminin dışsal ve içsel direnci yenebilme kapasitesi olarak tanımlanabilir (Zatsiorsky, 1995; Bompa, 1999). Bir sporcunun uygulayabileceği en yüksek kuvvet hareketin biyomekaniksel özelliklerine (ör. Kaldıraç sistemi, katılan kas grupları) ve kasların kasılma miktarına bağlıdır. Uygulanan kuvvetin büyüklüğü kaslar arası koordinasyona, kas içi koordinasyona ve bir kasın sinir uyarısına verdiği tepki kuvvetidir. Bununla beraber sporcunun maksimal kuvvetini kullanabilmesi optimal düzeye performans çevirebilmesi için belirli bir kas dengesine de ihtiyacı vardır. Kas dengesi bir kas veya kas grubuyla bunu karşılayan, ters yönde hareket sağlayan kas veya kas grubuyla ilişkilidir. Bu ilişkinin bozulması eklem bütünlüğünü, kas ve iskelet sistemini zarara uğratabilir (Baecchle,2000). Sporcuların akut travmalar dışındaki sakatlıklarının büyük bir bölümü kuvvet dengesizliğinden meydana gelmektedir. Yüksek şiddetle yapılan aktiviteleri içeren spor branşlarında kas ve iskelet sistemine binen yük miktarı

dayanıklılık sporlarına oranla çok daha yüksek olduğunda sakatlık riski artmaktadır (Moss ve ark., 1997). Bu durumda kas gruplarının kuvvet dengesine anaerobik kapasitenin ve kuvvetin baskın olduğu branşlarda antrenman planlaması yapılırken, özellikle dikkat edilmelidir. Sahip olunan mutlak kuvvetin, kas kuvvet dengesiyle beraber sergilenmesi optimal performansın temel unsurudur. Kuvvet dengesinin sportif performansta mutlak kuvvetten daha iyi bir parametre olduğu söylenebilir (Baecchle, 2000) çünkü sporcular sahip oldukları mutlak kuvveti, yine sahip oldukları kas ve kas grupları kuvvetinin en zayıfı kadar sergileyebilirler (Astrand, 1986).

De Ste Croix ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışmada ise yaşın, cinsiyetin, vücut ağırlığının, deri kıvrım kalınlığının, bacak kas hacminin ve izokinetik bacak kuvvetinin AG ve AK değerleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmaya yaşları 10-12 arasında değişen 15 erkek ve 19 kız öğrenci katılmıştır. Çalışmada ilerleyen yaşla birlikte AG ve AK değerleri için vücut ağırlığı ve boy anlamlı tanımlayıcı değişkenler olarak ifade edilirken ( $p<0.05$ ) cinsiyetle AG ve AK değerleri üzerinde böyle bir anlamlı etkisine rastlanmamıştır ( $p>0.05$ ). Bacak kas hacminin ise AK ve AG değerleri üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu bildirilirken ( $p<0.05$ ) izokinetik bacak kuvvetinin AG ve AK değerleri için tanımlayıcı bir değişken olamayacağı belirtilmiştir ( $p>0.05$ ). Başka bir çalışmada ise vücut ağırlığı, deri kıvrım kalınlığı ve yaşın kontrol altında tutulması halinde bile bacak hacminde meydana gelen artışa bağlı olarak 10-12 yaş arasında çocukların AG ve AK değerlerinde bir artışın olduğu olduğunu belirtilmiştir. Bu sonuçta bacak hacminin AG ve AK değerleri üzerinde anlamlı etkisi olduğunu göstermektedir (Armstrong ve ark., 2001).

## SONUÇ

Sonuç olarak yukarıda ifade edilen yanı sıra araştırmalarda vücut ekstremite hacminlerinin belirlenmesinde farklı yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Bu yöntemler, direk ve indirek yöntemler olarak iki bölümde toplanmaktadır. Ekstremitte hacimleri su taşıma yöntemi ile direk olarak belirlenirken indirek olarak da çevresel ölçüm yöntemiyle belirlenmektedir. Çevresel ölçüm yöntemi maliyeti düşük, kolay ve tekrar edilebilir olması nedeniyle çalışmalarda sıklıkla ekstremitte hacminlerinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Çevresel ölçüm yöntemi kullanılarak hacmin belirlenmesi amacıyla geliştirilen antropometrik ölçümlerin kullanılması ve eşitlik geliştirilmesi, su taşıma yöntemi ile hesaplanan hacim ile belirli bölgelerdeki deri kıvrım kalınlıkları, çevreler ve çaplar arasındaki ilişkiye dayandırılmakta ve frustum, silindir, koni, disk gibi matematiksel denklemler kullanılmaktadır.

Bazı çalışmalarda su taşıma yöntemiyle elde edilen bacak hacim ile çevresel ölçümlerden hesaplanan bacak hacmi arasında ilgili araştırmalara benzer pozitif yüksek ilişki bulunmuştur (Özkan, 2007). Çevresel ölçümlerden kestirilen hacim ile su taşıma yöntemiyle belirlenen hacim arasında yüksek ilişki çıkmış olması çevresel ölçüm yönteminin bacak hacminin doğru olarak kestirilmesinde su taşıma yöntemi yerine kullanılabileceğini göstermektedir. Diğer yandan araştırmalarda vücut ekstremitte kütlelerinin belirlenmesinde farklı yöntemlerin yöntemler (X-ray, ultrasonografi, manyetik rezonans, çevre ölçümleri) kullanıldığı görülmektedir. Kütle belirleme yöntemleri içinde en basiti, maliyeti düşük ve uygulaması kolay bir yöntem olması itibarıyla çalışmalarda ekstremitte kütlelerinin çevresel ölçüm



yöntemleriyle hesaplanmış ve genellikle çalışmalarda ekstremite kütlelerinin belirlenmesinde Hanavan yöntemi kullanılmıştır (Kwon, 1988).

Bazı araştırmalarda WANt anaerobik performansı belirlemede kullanılacak olan yük, sahip olunan vücut tipi, vücut ağırlığı, yağsız vücut kitlesi, bacak hacmi, bacak kütlesi ve kas tipi ile dolaylı olarak ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Özkan, Koz ve Ersöz, 2011). Bu bağlamda, WANt optimal yük ile bacak hacmi, bacak kütlesi, vücut ağırlığı ve yağsız vücut kitlesi arasındaki ilişkinin araştırılması bazı çalışmaların kapsamı içerisinde yer almıştır. Özkan, Köklü ve Ersöz (2010) tarafından yapılan çalışmada elde edilen bulgular dağcılarının yağsız vücut kitlesi, bacak hacmi ve bacak kütlelerinin anaerobik gücün ve kapasitenin belirlenmesinde önemli rol oynadığını göstermektedir. Bunun anaerobik performansın öncelikli olduğu spor branşlarında göz ardı edilmemesi ve vücut kitlesine, bacak hacmi ve kütlesine dikkat edilmesi avantaj sağlayacağı ifade edilmiştir. Ayrıca kas fibril uzunluğu, kas kesit alanı, bacak hacmi ve kas kitlesi anaerobik şartlarda kasın üreteceği güç üzerinde belirleyici rol alan özelliklerdendir. Araştırmalarda sıklıkla bacak hacmi, kas kitlesi ve kas kesit alanı fazla olan deneklerin anaerobik performanslarının daha iyi olduğu ifade edilmektedir (Welsman ve ark., 1997; Bouchard ve ark., 1991; Van Praagh, 1990). Zorba ve ark. (2010) çalışmada bulgular güreşçilerin bacak hacminin ve bacak kütlesinin anaerobik performanslarında belirleyici rol aldığını göstermiştir. Ayrıca izometrik bacak kuvveti ile anaerobik performans arasında ilişki bulunmuştur.

Yapılan çalışmalarda uyluk çevresinin genişliği, uyluk bölgesini oluşturan kasların, kas kitlesinin ve kas liflerinin fazla oluşunu bağlı olarak kasta oluşturulan kuvvet-gücün daha yüksek olduğunu bunun da maksimum gücü etkilediğini göstermektedir (Astrand ve Rodal, 2001). Ayrıca bu çalışmada da elde edilen bacak hacmi, bacak kütlesi ile anaerobik performans ve bacak kuvveti arasında anlamlı ilişki olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar diğer çalışmalarda elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Ayrıca kas fibril uzunluğu, kas kesit alanı, bacak hacmi ve kas kitlesi anaerobik şartlarda kasın üreteceği güç üzerinde belirleyici rol alan özelliklerdendir. Araştırmalarda sıklıkla bacak hacmi, kas kitlesi ve kas kesit alanı fazla olan deneklerin anaerobik performanslarının daha iyi olduğu ifade edilmektedir (Dore ve diğ., 2001). De SteCroix ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışmada ise bacak kas hacmi ile AK ve AG değerleri arasında anlamlı bir ilişkinin bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise vücut ağırlığı, deri kıvrım kalınlığı ve yaşın kontrol altında tutulması halinde bile bacak hacminde meydana gelen artışla birlikte AG ve AK değerlerinde bir artışın olduğu belirtilmiştir (Armstrong ve diğ., 2001). Van Praagh ve diğ. antropometrik teknik kullanarak bacak hacmini kesitirmiş hem maksimum hemde ortalama güçle ilişkilendirdiklerini ifade etmişlerdir. Welsman ve diğ. çalışmalarında bacak kas hacmi ile anaerobik performans arasında anlamlı ilişki bulmuşlardır. Buna benzer bir çalışmada da anaerobik güç ile yağsız vücut kitlesi, yağsız bacak hacmi ve vücut ağırlığı arasında ilişki bulunmuştur (Dore ve ark., 2001). Literatürdeki yapılan çalışmalarda uyluk çevresinde, baldır çevresinde, bacak hacminde, bacak kas hacminde ve yağsız bacak hacminde meydana gelen artışa bağlı olarak AG ve Ak değerlerinde artışa sebep olduğu ifade edilmektedir. Bunun nedeninde bacak bölgesini oluşturan kasların, kas kitlesinin ve kas liflerinin fazla oluşu ve kasın meydana getirdiği kuvvet-gücün daha yüksek olabileceğini göstermektedir (Welsman ve diğ., 1997; Bouchard ve diğ., 1991; Van Praagh, 1990). Ayrıca kas fibril uzunluğu, kas kesit

alanı, bacak hacmi ve kas kitlesi anaerobik şartlarda kasın üreteceği güç üzerinde belirleyici rol alan özelliklerdendir (Bouchard, 1991 ). Araştırmalarda sıklıkla bacak hacmi, kas kitlesi ve kas kesit alanı fazla olan deneklerin anaerobik performanslarının daha iyi olduğu ifade edilmektedir (Welsman ve diğ., 1997; Bouchard ve diğ., 1991; Van Praagh, 1990). Buna ek olarak uyluk çevresinin genişliği, uyluk bölgesini oluşturan kasların (Kuadriseps, hamstring...vb.) kas kitlesinin ve kas liflerinin fazla oluşunu bağlı olarak kasta oluşturulan kuvvet-gücün daha yüksek olduğunu bunun da maksimum gücü etkilediğini göstermektedir (Grant ve ark., 1996). Thorland ve ark. (1987) tarafından yapılan çalışmada, sprint ve orta mesafe kadın koşucuların kuvvet ve anaerobik özellikleri arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmada izokinetik diz kuvveti ile anaerobik kapasite arasında yüksek bir ilişki ( $r=0.76$ ) bulunmuştur. Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlarla benzer bu çalışmada elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalarda anaerobik güç ile uyluk çevresi, uyluk uzunluğu ve boy ile ilişki bulunmuş olması ve daha uzun uyluk boyuna, daha geniş uyluk çevresine sahip olan deneklerin anaerobik güçlerinin daha yüksek olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca kas fibril uzunluğu, kas kesit alanı, bacak hacmi ve kas kitlesi anaerobik şartlarda kasın üreteceği güç üzerinde belirleyici rol alan özelliklerdendir (Armstrong ve ark., 2001). Araştırmalarda sıklıkla bacak hacmi, kas kitlesi ve kas kesit alanı fazla olan deneklerin anaerobik performanslarının daha iyi olduğu ifade edilmektedir (Grant ve ark., 1996; De Ste Croix ve ark., 2000; Dore ve ark., 2001, Van Praagh, 1990; Taş ve ark. 2013). Yukarıda ifadelerle ele alındığı gibi anaerobik performansın belirlenmesinde bacak hacmi ve kütlenin önemli bir rolü olduğu çalışmalarla desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Açıkada, C., Hazır, T., Aşçı A., Turnagöl, H., Özkara, A. (1998). Bir ikinci lig futbol takımının sezon öncesi hazırlık döneminde fiziksel ve fizyolojik profili. *Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 9(1), 3-14.
- Armstrong, N., Welsman, J. R., Chia, M. Y. H. (2001). Short term power output in relation to growth and maturation. *British Journal of Sports Medicine*, 35, 118-124.
- Aslan, C. S., Büyükdere, C., Köklü, Y., Özkan, A., Şahin Özdemir, N. F. (2011). Elit altı sporcularda vücut kompozisyonu, anaerobik performans ve sırt kuvveti arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8(1), 1612-1628.
- Astrand, P. O. ve Rodahl, K. (1986). *Textbook of Work Physiology*, McGraw-Hill Company, Singapore.
- Baechle T. R., Earle R. W. (2000). *Plyometric training*. Potach, D. H. & Chu, D. A.(Eds). *Essential of Strength Training and Conditioning*. Canada: Human Kinetics.
- Bar-Or., O. (1987). The wingate anaerobic test: an update on methodology reliability and validity. *Sports Medicine*, 4(6), 381-394.
- Bencke, J., Damsgaard, R., Saekmose, A., Jorgenson, P., Jorgenson, K., Klauen, K. (2002). Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12, 171-178.
- Blimkie, C. J. R., Roache, P., Hay, J. T., Bar-Or, O. (1988). Anaerobic power of arms in teenage boys and girls: relationship to lean tissue. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 677-683.

- Bouchard, C., Taylor, A. W., Simaneau, J., ve Dulac, S. (1991). Testing Anaerobic Power and Capacity, "Physiological Testing of the High Performance Athlete" (Ed L. MacDouall, H. A. Wenger, H. Gren)'de, Champaign, IL: Human Kinetics Books.
- Bompa, T. O. (1999). *Periodization: Theory and methodology of training*. Champaign,IL: Human Kinetics.
- Bompa, T. O. (2003). *Antrenman kuramı ve yöntemi*. Ankara: Bağırgan Yayımevi.
- Chromiak, J. A., Smedley, B., Carpenter, W., Brown, R., Koh, Y. S., Lamberth, J. G. (2004). Effect of a 10-week strength training program and recovery drink on body composition, muscular strength and endurance, and anaerobic power and capacity. *Nutrition*, 20(5), 420-427.
- Dore, E., Bedu, M., França, N. M., Praagh, E. V. (2001). Anaerobic cycling performance characteristics in prepubescent, adolescent and young adults females. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 476-481.
- Doğan, F., Özkan, A. (2021). 12-14 yaş tenisçilerin tenise özgü becerilerinin incelenmesi. *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 401-420.
- Duche, P., Ducher, G., Lazzer, S., Dore, E., Tailhardat, Bedu, M. (2002). Peak power in obese and nonobese adolescents: effects of gender and braking force. *Medicine and Science in Sport Exercise*, 34(12), 2072-2078.
- De Ste Croix, M. B. A., Armstrong, N., Chia, M. Y. H., Welsman, J. R., Parsons, G., Sharpe, P. (2000). Changes in short-term power output in 10 to 12-year-olds. *Journal of Sports of Sciences*, 19, 141-148.
- Dore, E., Bedu, M., França, N. M., ve Praagh, E. V. (2001). Anaerobic cycling performance characteristics in prepubescent, adolescent and young adults females. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 476-481.
- Ervüz, E., Özkan, A., Kırkaya, İ., Yazar, H. (2023). How do swimming students' anthropometric characteristics affect short-course swimming performance. *Avrasya Spor Bilimleri ve Eğitim Dergisi*, 5(2), 50-59. Doi: 10.47778/ejsse.1324528
- Esbjörnsson, M., Sylven, C., Holm, I., ve Jansson, E. (1983). Fast twitch fibers may predict anaerobic performance in both females and males. *International Journal of Sports Medicine*, 14(5), 263.
- Evans, J. A., ve Quinney, H. A. (1981). Determination of resistance settings for anaerobic power testing. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 6(2), 53-56.
- Fox, E., Bowers, R., Foss, M. (1993). *The Physiological Basis for Exercise and Sport*. Dubuque IA: WCB Brown and Benchmark Publishers.
- Grant, S., Hasler, T., Davies, C., Aitchison, T. C., Wilson, J., Whittaker, A. (2001). A comparison of the anthropometric, strength and flexibility characteristics of female elite and recreational climbers and non-climbers. *Journal of Sports Sciences*, 19, 499-505.
- Heymsfield, S. B., Lohman, T. G., Wang, Z., Going, S. B. (2005). *Human body composition*. Champaign, IL: Human Kinetics Books.
- Inbar, O., Bar-Or, O. (1986). Anaerobic characteristics in male children and adolescents. *Medicine and Science in Sport Exercise*, 18(3), 264-269.

- Ingulf, J., Burgers, S. (1990). Effects of Training on the Anaerobic Capacity, Department of Physiology, Norway: National Institute of Occupational Health.
- Jordan, P. (1997). *Fitness theory and practice*. California: Aerobic and Fitness Association of America Sherman Oaks.
- Karges, J. R., Mark, B. E., Stikeleather, S. J., Worrell, T. W. (2003). Concurrent validity of upper-extremity volume estimates: Comparison of calculated volume derived from girth measurements and water displacement volume. *Physical Therapy*, 83(2), 134-145.
- Kaulesar, S. D. M. K. S., Den Hoed, P. T., Johannes, E. J., Van Dolder, R., Benda, E. (1993). Direct and indirect methods for the quantification of leg volume: comparison between water displacement volumetry, the disk model method and the frustum sign model method, using the correlation coefficient and the limits of agreement. *Journal of Biomedical Engineering*, 15, 477-480.
- Kılıçkaya, S., Cemalcılar, A. (1996). Temel Fizik, TC Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- Kin İşler, A. (2003). *Titreşimin izometrik kuvvete etkisi*. Spor Bilimleri ve Teknolojisi Programı Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kin-İsler, A., Ariburun, B., Ozkan, A., Aytar, A., ve Tandogan, R. (2008). The relationship between anaerobic performance, muscle strength and sprint ability in American football players. *Isokinetics and Exercise Science*, 16(2), 87-92.
- Komi P. V. (2005). *Strength and power in sport*. Hong Kong: Blackwell publishing.
- Koşar, N. Ş., Demirel, H. A. (2004). Physiological characteristics of child athletes. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 38(1), 1-15.
- Koşar, N., Kin-İşler, A. (2004). Üniversite öğrencilerinin wingate anaerobic performans profili ve cinsiyet farklılıkları. *Spor Bilimleri Dergisi*, 15(1), 25-38.
- Kwon, Y. H. (1998). Modified Hanavan Model. [online]. <http://www.kwon3d.com/theory/bspeq/hanavan.html/>. [09.02.2006].
- Koz, M., Ersöz, G., Gelir, E. (2003). *Fizyoloji ders kitabı*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Köklü, Y., Alemdaroğlu, U., Özkan, A., Koz, M., ve Ersöz, G. (2015). The relationship between sprint ability, agility and vertical jump performance in young soccer players. *Science & Sports*, 30(1), e1-e5.
- Luebbers, P. E., Potteiger, J. A., Hulver, M. W., Thyfault, J. P., Carper, M. J., Lockwood, R. H. (2003). Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 704-709.
- Lund, H., Christensen, L., Savnik, A. Boesen, J., Samsoe, B. D., Bliddal, H. (2002). Volume estimation of extensor muscles of the lower leg based on MR imaging. *European Radiology*, 12, 2982-2987.
- Malina, R. M., Pena Reyes, M. E., Eisenmann, J. C., Horta, L., Rodrigues, J., Miller, R. (2000). Height, mass, and skeletal maturity of elite Portuguese soccer players aged 11-16 years. *Journal of Sports Sciences*, 18, 685-93.

- Martin, R. J. F., Dore, E., Hautier, C. A., Van Praagh, E., Bedu, M. (2003). Short term peak power changes in adolescents of similar anthropometric characteristics. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 35(8), 1436-1440.
- Martin, R. J. F., Dore, E., Twisk, J., Van Praagh, E., Hautier, C. A., Bedu, M. (2004). Longitudinal changes of maximal short-term peak power in girls and boys during growth. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 36(3), 498-503.
- Murphy, M. M., Patton, J. F., Frederick F. A. (1986). Comparative anaerobic power of men and women. *Aviat Space Environ Medicine*, 57(7), 636-641.
- Moss, B. M., Refsnes, P. E., Abilgaard, A., Nicolaysen, K., Jensen, J. (1997). Effect of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load power and load-velocity relationship. *European Journal of Applied Physiology*, 193-199.
- Mayrovitz, H. N., Sims, N., Litwin, B., Pfister, S. (2005). Foot volume estimates based on a geometric algorithm in comparison to water displacement. *Lymphology*, 38, 20-27.
- Özer, K. (1993). Antropometri, Sporda Morfolojik Planlama. İstanbul: Kazancı Matbacılık.
- Özkan, A., Köklü, Y., Akın, M. E. G. (2010). Dağcılarda vücut kompozisyonu, bacak hacmi ve bacak kütlelerinin anaerobik performansın belirlenmesindeki rolü. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 5(1), 59-70.
- Özkan, A. (2007). Wingate Anaerobik Güç Testinde Optimal Yükün Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Spor Bilimleri Programı Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Özkan, A., Kin-İşler, A. (2010). Sporcularda bacak hacmi, kütlesi, hamstring/quadiceps oranı ile anaerobik performans ve izokinetik bacak kuvveti arasındaki ilişki. *Spor Bilimleri Dergisi*, 21(3), 90-102.
- Özkan, A., Kin-İşler, A. (2010). Amerikan futbolcularında bacak hacmi, bacak kütlesi, anaerobik performans ve izokinetik kuvvet arasındaki ilişki. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 8(1), 35-41.
- Özkan, A., Arıburun, B., Kin-İşler, A. (2009). Relationships of body composition, isokinetic knee strength and anaerobic performance in American football players. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Science*, 1(1), 47-52.
- Özkan, A., Sarol, H. (2008). Alpin ve kaya tırmanışçıların bazı fiziksel uygunluk ve somatotip özelliklerinin karşılaştırılması. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 13(3), 3-10.
- Özkan, A., Safaz, İ., Yaşar, E., & Yazıcıoğlu, K. (2013). An examination of physical fitness related with performance characteristics of amputee football players. *International Journal of Science Culture and Sport*, 1(3), 66-77.
- Özkan, A., Köklü, Y., Ersöz, G. (2010). Wingate anaerobic power test. *Journal of Human Sciences*, 7(1), 207-224.
- Özkan, A., Koz, M., Ersöz, G. (2011). Wingate anaerobik güç testinde optimal yükün belirlenmesi. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 9(1), 1-5.
- Özkan, A., Kayıhan, G., Köklü, Y., Ergun, N., Koz, M., Ersöz, G., & Dellal, A. (2012). The relationship between body composition, anaerobic performance and sprint ability of amputee soccer players. *Journal of human kinetics*, 35, 141.
- Perrin, D. H. (1993). Isokinetic Exercise and Assessment, Champaign, IL: Human Kinetics.

- Reiser, R. F., Maines, J. M., Eisenman, J. C., Wilkinson, J. G. (2002). Standing and seated wingate protocols in human cycling: A comparison of standard parameters. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 152-157.
- Rogers, C. (1990). *Exercise Physiology Laboratory Manual*, Wm. C. Brown Publishers.
- Rotstein, A., Dotan, R., Bar-Or, O., Tenenbaum, G. (1986). Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys. *International Journal of Sports Medicine*, 7(5), 281-286.
- Saavedra, C., Lagasse, P., Bouchard, C. ve Simoneau, J. (1991). Maximal anaerobic performance of the knee extensor muscles during growth. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 23(9), 1083-1089.
- Simoneau, J. A., Lortie, G., Boulay, M. R., Marcotte, M., Thibault, M. C., Bouchard, C. (1986). Inheritance of human skeletal muscle and anaerobic capacity adaptation to high intensity intermittent training. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 167-171.
- Soslu, R., Eyüboğlu, E., Çuvalcıoğlu, İ. C., Özkan, A. (2017). Kadın basketbolcularda bazı kan parametrelerinin ve morfolojik değişkenlerin üst ekstremiteden elde edilen bazı performans değerlerine etkisi. *Uluslararası Kültürel ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(Special Issue 2), 347-353.
- Sukul, K., Hoed, P. T., Johannes, E. J., Dolder, R., Benda, E. (1993). Direct and indirect methods for the quantification of leg volume: Comparison between water displacement volumetry, disk model method and frustum sign model method, using the correlation coefficient and the limits of agreement. *Journal of Biomedicine England*, 15, 477-480.
- Taş, M., Sevim, O., Özkan, A., Akyüz, M., Akyüz, Ö., Uslu, S. (2013). The role of circumferential measurement of some values in determining anaerobic performance and strength values in junior female basketball Turkish National Team players. *International Journal of Science, Culture, and Sport*, 1(3).
- Thorland, W. G., Johnson, G. O., Cisar, C. J., Housh, T. J., Tharp, G. D. (1987). Strength and anaerobic responses of elite young female sprint and distance runners. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 19(1), 56-61.
- Tothill, P., Stewart, A. (2002). Estimation of thigh muscle and adipose tissue volume using magnetic resonance imaging and anthropometry. *Journal of Sports Sciences*, 20, 563-576.
- Van Praagh, E., Felmann, N., Bedu, M., Falgairette, G., Coudert, G., Gender, J. (1990). Gender difference in the relationship of anaerobic power output to body composition in children. *Pediatric Exercise Science*, 2, 336-348.
- Vardar S. A., Tezel, S., Öztürk, L., Kaya, O. (2007). The relationship between body composition and anaerobic performance of elite young wrestlers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(CSSI-2), 34-38.
- Welsman, J. R., Armstrong, N., Kirby, B. J., Winsley, R. J., Parsons, G., Sharpe, P. (1997). Exercise performance and magnetic resonance imaging-determined thigh muscle volume in children. *European Journal of Applied Physiology*, 76, 92-97.
- Zatsiorsky, V. M. (1995). *Science and Practice of Strength Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

- Zorba, E., Özkan, A., Akyüz, M., Harmancı, H., Taş, M., & Şenel, Ö. (2010). The relationship of leg volume and leg mass with anaerobic performance and knee strength in wrestlers. *Journal of Human Sciences*, 7(1), 83-96.
- Zorba, E., Ziyagil, M. A. (1995). *Vücut Kompozisyonu ve Ölçüm Metodları*. Ankara: Gen Matbacılık Reklamcılık.