

SOLUNUM VE DOLAŞIM

Caner AÇIKADA - Dr. Emin ERGEN

Yerleşmiş bir kanı olarak, sporcuların solunum kapasitelerinin, diğer mesleklerden olan insanlara oranla daha üstün olduğu kabul edilir. Oysa, bir kısım koro üyesi ve üfleme çalgı aleti çalan müzisyenlerde yapılan kıyaslamada, müzisyenlerin sporculara oranla daha büyük vital kapasitelerinin olduğu görülmüştür. Vital kapasite, mümkün olduğu kadar çok havayı akciğerlere alabilme yeteneğidir. Çok iyi bir çok sporcunun boy ve kifolarına göre vital kapasitelerinin normalin altında olduğu gözlenmiştir. Bu gibi statik olarak yapılan bir kısım solunum testleri, solunum sisteminin çalışma yeteneği hakkında iyi bilgi vermemektedir. Vital kapasite, daha çok vücut büyüklüğü ve yaşa bağlı olarak, 30 yaşına kadar artıma uğrar. 30 yaşı takiben, artık (residual) volüm artıma uğrarken, vital kapasitede azalma meydana gelir. Residual volüm, toplam akciğer kapasitesinin maksimal nefes vermeye akciğerlerden boşaltılmayan bölümüdür. Özellikle büyümenin delikanlılık devresinde yapılan antrenmanlar, toplam akciğer ve vital kapasiteleri artırmaktadır.

Bu nedenle yukarıda açıklanan bir kısım statik kapasitelerin sporla ilgisinin olmasından çok, kişilerin genetik yapılarıyla ilgilidir. Bunun yanında, dinamik solunum kapasiteleri, performans ve antrenmanla çok daha ilgilidir. Her ne kadar bir kısım sporcular, statik solunum kapasitelerinde zaman zaman normal insanlar gibi özellik gösterirlerse de, sporcuların birim zamanda akciğerlere daha çok hava alabildikleri veya akciğerlerini boşaltabildikleri gözlenmiştir. İstirahat halinde pulmoner (akciğere ait) solunum hacmi (ventilasyon) 6-8 litre/dakika olurken, n.aksimal bir yüklenme anında bunun 120-180 litre/dakikaya çıkabildiğini görüyoruz. İsti-

* Gazi Eğitim Fak. Öğ. Gör.

** Spor hekimliği uzmanı

BİLİM

VE
SPOR

rahat halinde akciğerlere mekanik olarak havanın girmesini, diyafram ile bir kısım kaburgalar arası (intercostal) kaslar sağlarken, bir çalışma anında bunlara, korin kasları da eklenebilmektedir. Çalışma anında aşırı şekilde nefes alıp vermenin söz konusu olması halinde solunumu sağlayan kaslar giderek, ciğerlere alınan oksijenin daha büyük bir kısmını kullanmaya başlarlar. Solunum kaslarının oksijen ihtiyacı, performans anında kullanılan toplam oksijenin önceleri % 1'inden, giderek % 10'na kadar çıkabilmektedir.

Dakikada alınan soluk sayısı ve her solukun hacmi, otonom sinir sistemi tarafından sürekli kontrol edilmektedir. Şarkı söylerken, konuşurken ve bir kısım sportif çalışmalarda bilinçli olarak nefesimizi kontrol ederiz. Bir iniş kayakçısı, heyecan ve statik yarışma pozisyonundan dolayı, nefes tutmayı dengelemek için nefes verir. Diğer taraftan bir halterci, maksimal bir kaldırış anında kaldırışı yapmadan önce derin bir nefes alır, kaldırışı yapıp kiloyu sabitlediği anda bunun bir kısmını boşaltır. Ancak, bilinçli olarak solunumun kontrolü sınırlı yapılabilir. Bunun en güzel örneğini, nefesimizi tutmaya kalkıştığımız anda gözleyebilmekteyiz.

Solunum kontrolü bilincimize bırakılmıyacak kadar önemlidir. Kimyasal mekanizmalar ve sinir sistemleri, hücrelerin oksijen ihtiyacına göre, solunum sıklığını birlikte düzenlerler. Kimyasal kontrol mekanizması algılayıcılarıyla (kemoreseptör), karbon dioksit, hidrojen iyonları ve temiz kandaki (arteryal) oksijen miktarını kontrol ederler. Burada karbonmonoksit miktarı, direkt olarak kassal çalışma miktarına bağlıdır. Hidrojen iyonu yoğunluğu pH'ı düşürmektedir. Bu ancak yoğun bir çalışma anında olabilmektedir. Temiz kandaki (arteryal) oksijen miktarı da yoğun çalışma anında azalmaktadır.

Solunum mekanizmasının işlerliğinin, dayanıklılık antrenmanları ile arttığı gözlenmiştir. Gelişen solunum mekanizması nedeniyle, verili bir çalışmada gereken oksijeni sağlamak için daha az solunum yeterli olmaktadır. Solunum kasları daha kuvvetli hale gelmiş ayrıca bazı sinirsel (nörojenik) değişiklikler olmuştur. Azalan solunum sıklığı (frekans), daha çok oksijenin kana geçebilmesi için zaman yaratabilmektedir. Böylece soluk alınan her litre havadan,

daha çok oksijen akciğerlerde tutulabilmektedir. Antrenmanın tekrarlanan uyarıcı özelliği, solunum kontrol mekanizmasının, yeni bir efor düzeyine uyumunu sağlayabilmektedir. Antrenmanın bunu nasıl sağladığı henüz ayrıntılı olarak bilinmemektedir.

Solunum sisteminin temel görevi, kana oksijeni vermek ve karbon dioksit almaktır. Bu gaz değişimi akciğerlerdeki ufak hava keseciklerinin (alveol) zarları ile kılcal damar (kapiler) duvarları arasında olur. Gaz değişimi diffüzyonla meydana gelir. Ancak, gazların değişimi sahip oldukları basınç yoluyla olur. Gaz, devamlı şekilde, yüksek basınçtan alçak basınca doğru diffüzyona uğrar. Akciğerlere alınan hava, deniz seviyesinde ve 0°C kuru havada 760 mm. cıva basıncına sahip olduğu için, bunun 159 mm. cıva basıncı oksijene aittir (Havadaki oksijen yoğunluğu % 20,93'tür). Oksijenin kısmi basıncı olarak bilinen bu basınç pO_2 , oksijenin kana geçmesini ve oradan da hücreye kadar iletilebilmesine neden olur. Karbon dioksidin diffüzyonu, oksijeninkinden çok daha hızlıdır. CO_2 'nin kısmi basıncı (pCO_2) venöz kanında (kirliliği) en yüksek seviyededir. Havada CO_2 'nin kısmi basıncı en düşük seviyede olması nedeniyle ($pCO_2 = 0.2$ mm. cıva basıncı), hücrede oksijen boşaltılırken, CO_2 , dokudaki kılcal damarlara geçer, oradan akciğerlere kan tarafından getirilir ve kana oksijen alınırken, akciğerlerdeki kılcal damarlardan dışarı atılarak, solunumla atmosfere verilir.

Yüksek bir dayanıklılık (aerobik güç) seviyesi için iyi bir solunum kapasitesine sahip olunması gereği, uzun süredir bilinmekteyse de birçok uzmana göre, maksimal performansın belirgeni, yüksek solunum yeteneği değildir. Maksimal bir yüklenme anında, temiz kandaki (arteryal) oksijen basıncının az bir miktarda düşmesi ve solunum kaslarının maksimalde zorlanmaması, deniz seviyesinde veya az yükseklerde, performansı sınırlayan etkenin akciğer solunumunun olmadığı düşüncesini yaratmıştır.

Maratoncumuz Mehmet Terzi'nin, maratondan bir önceki gün spor hekimliği birimimize uğradığını, kendisinden, 4 hafta kadar önce alınan yaklaşık 400 ml. kanın geriye enjekte edildiğini ve bu sayede başarılı maratonunu koştuğunu söylersek ne düşünersünüz? Kuşkusuz, bu sözler doğru değildir ve böyle bir olay olmamıştır. Yalnızca günümüz sporunda yapılabileceği varsayılan uygulamalardan birisi olup, 1970'lerin başında, İsveç'te, Ekblom ve arkadaşları tarafından ortaya atılmıştır. Burada



Çalışma anındaki bir sporcumun oksijen alma ve kullanma kapasitesinin belirlenmesi için solunum analizi.

amaç yarışma anında sporcumun avantaj elde etmesinden çok, kanda bulunan ve hemoglobinin dediğimiz oksijen taşıyan proteinlerin dışarıdan alyuvarlarla verilmesinin, oksijen taşıma sistemi üzerine olan etkisini göstermekti. Kan dopingi denilen bu yöntemle yapılan çalışmalarda kullanılan sporcular, gerçek yarışmada koşmadılar. Deneysel amaçlı yapılan testlerde, dayanıklılık performansları % 23 ve aerobik kapasiteleri de % 9 oranında artış gösterdi. Bu araştırma, kan ve dolaşım sisteminin fiziksel iş yapabilme kapasitesi üzerine olan önemli ölçüde etkisini göstermektedir. Nitekim, bu uygulamanın (kan dopingi) 1976 Montreal Olimpiyat Oyunları sırasında, 5.000 ve 10.000 metrelerde birinci ve maratonda da beşinci gelen Finli atlet Lasse Viren tarafından kullanıldığı söylendi. Uzun süre devam eden kullanıldı, kullanılmadı tartışması, sonunda kullanılmadı lehine gelişti. Ancak, bu denli olağanüstü bir başarıyı etkileyecek bir faktör olarak ortaya atılması, sözü geçen "kan dopingi" uygulaması ve bununla da kan, kalp ve do-

co City gibi 2.300 m. yükseklikte, atmosfer hava basıncının azalması nedeniyle oksijen pO_2 'nin düşmesidir.

Bir maraton koşusunun ilerleyen kilometrelerinde, kazanmayı etkileyecek temponun devam ettirilebilmesi, çalışmakta olan kaslara sağlanabilecek oksijenin çokluğuna bağlıdır. Yeterince oksijenin taşınabilmesi mümkün olan miktarda çok kanın, çalışan kaslara pompalanabilmesiyle sağlanır. Bu işi kalp gerçekleştirir. Kalp, normal olarak dakikada 60-90 defa kasılır. Maraton koşan sporcularda bunun dinlenirken 30'a kadar inebildiği gözlenmiştir. Bunun nedeni, kalbin giderek kuvvetlenip, atım hacminin genişlemesidir. Kalp, her kasılmasında sol kulakçığından, vücuda yayılmak üzere aorta kan pompalar. Bu pompalanan kan miktarı, kalbin atım gücüdür (stroke volume). Antrene olmamış kişilerde, bu kapasite 70-80 ml. olurken, antrenmanlı kişilerde 100-120 ml. olabilmektedir.

Bir yarışma anında kalbin istikrarlı olarak bol miktarda kanı çalışan kaslara pompalayabilmesi, çalışma için temel madde olan oksijenin iletilmesinin en gerekli koşuludur. Bu nedenle, antrenmanlı kalp, dakikada pompala-



Modern bir spor laboratuvarında sporcunun dayanıklılık testleri çeşitli ölçümlerle yapılır.

	♀	♂
Vital Kapasite		
İnspirasyon rezerve volümü	3.3	2.0
♂ X = 4.8 lit. Tidal volüm	0.5	0.5
♀ X = 4.8 lit. Ekspirasyon rezerve volümü	1.0	0.7
Residual Volüm (Lit)	1.2	1.1
	6.0	4.3

laşım sisteminin önemi daha çarpıcı olarak ön plana çıkmış oldu.

Kan, besin maddelerinin, gazların, besin maddelerinin yanması sonucunda oluşan artık maddelerin, hormonların, vücuda mikroorganizmalara karşı koruyan yapıların ve ısının taşınmasında görev alır. Ayrıca, asit-baz dengesinin düzenlenmesinde de yardımcı olan kan iki bölümden meydana gelir: 1— hücreli (hematokrit) ve 2— plazma denilen sıvı kısım. Hücreli bölüm içerisinde, kırmızı ve beyaz hücrelerle pıhtılaşmada görevli plaklar bulunur. Bu bölüm, yaklaşık olarak toplam kanın % 45'ini oluşturur. Plazma içerisinde ise protein, eriyik haldeki gazlar ve çok sayıda mineral bulunur. Yaklaşık olarak, kanın geriye kalan % 55'lik bölümüdür. Bir insanda bulunan kan miktarı; erkeklerde yaklaşık her kilogram vücut ağırlığı başına 76 ml. bayanlarda 65 ml. ve çocuklarda 60 ml. miktarındadır. Bu da vücut ağırlığının % 7-8'nin kandan meydana geldiğini göstermektedir. Bir çalışma anında gerek duyulan oksijen, her ne kadar kan plazması içerisinde eriyik olarak bir miktar taşınabilirse de (0.29 ml. her 100 ml. kanda), kanın gerçek oksijen taşıyıcısı hemoglobindir. Normal şartlarda akciğer keseciklerinden (alveoller) oksijen kısmi basıncı (pO_2) 100 mm, cıva olduğu zaman, her 100 ml. temiz (arteryal) kanda 19.8 ml. oksijen bulunabilir. Bunun 19.5 ml'si hemoglobin tarafından, geriye kalanı ise eriyik olarak plazmada taşınır. Ortalama olarak her 100 ml. kanda erkeklerde 16, bayanlarda 14 gr. hemoglobin bulunur. Her gr. hemoglobin 1.34 ml'ye kadar oksijen taşıyabilir. Bu nedenle her 100 ml. kan, 20 ml. üzerinde oksijen taşıyabilmektedir. Hemoglobinin oksijen tutabilmesi oksijen kısmi basıncı (pO_2) nedeniyle, pO_2 ne kadar ise hemoglobinin oksijen tutabilmesi de o denli fazladır. Bu nedenle, yüksek yerlerde yapılan yarışmalarda, sporcular aşırı bir oksijen borçlanmasına girerek, dayanıklılık performanslarında düşme gösterirler. Bunun nedeni, Meksiko Olimpiyatları'nın yapıldığı Mexi-

	Q lit/dk		Kalp Atım Sayısı/dk		SV ml/atım	
	İstirahat	Çalışma	İstirahat	Çalışma	İstirahat	Çalışma
Antrenmansız	5.0	20.0	72	200	70	100
Antrenmanlı	5.0	38.0	42	190	120	200

yabildiği kan miktarı olarak (dakika atım gücü=Q) antrenmansız kalpten çok daha etkindir. Bunun yanında, yüksek çalışma temposunda, çok daha uzun süre kan pompalamayı aynı etkinlikte sürdürebilmektedir. İyi sporcuların bir kısmının dakika atım güçleri 40 litre olurken, normal antrenmansız kişilerde bu değer 20 litre civarındadır.

Kişi çalışmaya başladığı zaman, kassal çalışma, kasta oksijen yetersizliği yaratır. Bu durumda kan, genişleyen bölgesel damarlar nedeniyle (vasodilasyon) bölgeye çalışma için gereken maddeleri taşımaya başlar. Bunu yaparken, kanın o anda daha az ihtiyaç duyulduğu bölgelerde damarlarda daralma (vasokonstriksiyon) meydana gelmiş ve kan akımı azalmıştır. Dolaşım sistemi, çalışma anında basite indirilmiş bu düzenlemeyle kanı yönlendirir. İstirahat halinde, dakika atım gücünün yalnız % 20'sini alan kaslar, (0.20 x 5 litre = 1 litre kan) çalışma anında bunun % 90'ını alırlar (0.90 x 25 litre = 22.5 litre). İstirahatten çalışmaya geçildiği zaman, dakika atım gücü 5-6 kat artış gösterirken, kas kan akımı miktarı 20 misli veya daha fazla bir artış göstererek, ihtiyacı karşılamaya çalışır.

Solunum ve dolaşım sistemleri, ortaklaşa çalışarak, çalışan hücrenin ihtiyacı olan oksijeni, besin maddelerini hücreye sağlarken, artık maddeleri de alıp götürürler. Bu görevleri yaparken, birçok başka sistemlerden yardım görürler. Sağlıklı bir çift akciğer, antrenmanla geliştirilmiş (ve doğuştan da büyük olan) bir kalp, yine de süper bir atlet olmaya yeterli değildir. Buraya kadar oksijenin hücreye getirilmesinde etken olan faktörlere değindik. Bir sporcu diğerlerinden daha farklı yapan önemli noktalardan biriside, kas yapısı içerisinde, hücrelerin daha çok oksijeni kullanabilme yeteneklerinin gelişebilmesidir. Önemli ölçüde doğuştan getirilen bir nitelik olmakla birlikte, bu özelliğin antrenman yoluyla, mümkün olduğu kadar geliştirilmesi, antrenman bilimcilerinin üzerinde çalıştıkları en önemli noktalardan birini oluşturmaktadır.

Bu nedenle, elde edilen yarışma dereceleri, bir noktada antrenman sistemlerinin ge-

netlik yapıyı belli bir düzeye getirmesiyle sağlanmaktadır. Dereceler adım adım gelişmektedir. Bu değişim, bilgi düzeyi ve buna dayalı olarak insan organizmasının daha yüksek çalışma seviyesine uyum sağlamasıyla gerçekleşmektedir. Bunun yanında, insanların hemen aşmayı düşledikleri ve aşabilmiş gibi görünen he'efleri vardır. Örneğin 2 saatin altında maraton koşmak gibi. Ama ne yazık ki, insan solunum ve dolaşım sistemi bunun için biraz daha ilerlemiş bilgi düzeyi ile antrene edilmek zorundadır. Geçtiğimiz yıl Amerikalı atlet Alberto Salazar, maratonu 2 saatin altında koşmayı denemiştir. Ancak, meydana gelen artık maddelerin atımı ve çalışan kasların oksijen ve besin ihtiyaçları, bunun yanında diğer görevleri, dolaşım sisteminin şimdilik kaldırabileceğinden çok fazla gelmiş ve Salazar, düşerek bayılmış, günlerce kendine gelememiştir. Ama bilim ve onun yarattığı sporcular, rekorları süreklili zorlama ve yenileme uğraşlarını sürdürmektedirler.

Dizimizin bu yazıya kadarki bölümlerinde, spor yapan ya da sporla uğraşan herkesin bilmesinde yarar umduğumuz ve bundan sonraki konulara altyapı oluşturacak bilgiler aktarmayı amaçladık. Gelecek sayımızdan itibaren, sporda çalışma yöntemleri, antrenman bilgisi gibi konular yer alacak.

Cornell Üniversitesi'ndeki bilim adamları, kendi pestisidini üreten bir hibrit patates geliştirmekteler. Patates bitkisinin yaprakları üzerinde bulunan mikroskobik tüyler, berrak ve yapışkan bir sıvıyla dolu torbacıklara sahiptir. Herhangi bir böcek yaprağa konduğunda, torbacıklar patlamakta ve yapışkan madde böceğin bacakları ile ağız parçalarını hareketsiz hale getirmektedir. Araştırmacılar, hem besleyici hem de böceklere dirençli, lezzetli patates yetiştirilmesi için 10-15 yıllık bir çalışmanın gerektiğini belirtiyorlar.

FUTURIST'ten Alp ERGİN