

Spor Fizyolojisi ve Klinik Açılımları

Özgür Kasımay ÇAKIR

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Fizyolojisi Bilim Dalı, İstanbul

Egzersiz insan sağlığı üzerine olan olumlu etkileri kabul görmekte ve sporun günlük hayatımıza yerleştirilmesinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Egzersiz ile form tutma ölüm riskinin azalmasına neden olmanın yanında kardiyovasküler hastalıklar, kronik solunum yolu hastalıkları, diabetes mellitus, obezite, kanser, osteoporoz gibi hastalıkların gelişim riskinin azalmasına ve bu hastalıkların semptomlarının kontrol altına alınmasına katkıda bulunur. İnsan sağlığına pekçok faydası olan egzersizin fizyolojik etkilerinin incelenmesi spor fizyolojisinin konusudur. Spor fizyolojisi egzersizin ve spor tıbbının fizyolojik açıdan ele alınışı, vücudun fonksiyonel olarak egzersize nasıl yanıt verdiği, kısa ve uzun egzersize adaptasyonu ve bu adaptasyonun fizyolojik temelleri ile ilgilidir. Spor fizyolojisi egzersize insan vücudunun verdiği fizyolojik cevaplar ve adaptasyon mekanizmalarına ek olarak bireye özel egzersiz reçetesi oluşturulması, kardiyopulmoner ve anaerobik egzersiz testleri ile sporcunun performansının belirlenmesi, akciğer kanseri olan hastaların operasyon öncesi değerlendirilmesini konu alır.

Spor fizyolojisi laboratuvarında sağlıklı olup spora başlamak isteyen bireylere, obezite veya kilo alamama problemi olanlara, hipertansiyon, kardiyovasküler hastalık, kronik solunum yolu hastalığı, diabetes mellitus, kanser, osteoporoz hastalığı olanlara, çocuklara, yaşlılara, hamilelere egzersiz reçetesi düzenlenir.¹⁻³ Bireye özel egzer-

siz reçetesi oluşturmak için egzersize başlamak isteyen birey bir ön değerlendirmeden geçirilir. Risk faktörleri ile hastalıkların taramalarını yaptıktan sonra bireyin mevcut form durumu analiz edilir ve bireye özel egzersiz reçetesi düzenlenir. Organize egzersiz programlarına başlamadan önce kişilerin ACSM (American College of Sports Medicine / Amerikan Spor Hekimliği Cemiyeti) kriterleri doğrultusunda koroner arter hastalığı için seçilmiş risk faktörleri açısından (Tablo 1.) ve kardiyovasküler, pulmoner veya endokrin hastalıkların bulgu ve semptomları açısından (Tablo 2.) değerlendirilmesi gerekmektedir.⁴ Bireyler öncelikle yaş, sağlık durumu, semptom ve risk faktörlerine göre düşük, orta, yüksek risk grubu olacak şekilde 3 kategoriye ayrılırlar (Tablo 1). Egzersiz reçetelendirilmesi yapılırken egzersiz testinin ve hekim gözetiminin ne zaman gerektiğine dair önerilerin dikkate alınması, bu bireylerde daha güvenli ve etkin bir egzersiz reçetesi planlamaya yardımcı olacaktır. Yüksek risk grubuna dahil olan bireylerle, orta risk taşıyan ve yoğun egzersiz (6 MET üzeri) yapmayı planlayan bireylerin egzersiz testine alınmaları gerekmektedir (Tablo 3.). Düşük risk grubundaki bireylere egzersiz testi uygulanmadan uygun egzersiz reçetesi verilebilir. Risk analizinden sonra bireylerin ayrıntılı fizik muayenesi yapılır, gerekli kan tahlilleri istenir, hastalık hikayesi ve aile hikayesi sorgulanır. Daha sonra bireylerin antropometrik özellikleri belirlenmelidir. Deri altı

Tablo 1: ACSM Kriterleri Doğrultusunda Risk Analizi

Risk faktörleri	Tanımlayıcı kriterler
Pozitif Aile hikayesi	Birinci derecede akrabada (erkek kardeş, oğul) 55 yaşından önce ya da anne veya diğer birinci derecede akrabalarda (kız kardeş, kız çocuk) 65 yaşından önce miyokard infarktüsü, koroner arter hastalığı veya ani ölüm
Sigara kullanımı	Aktif sigara içici ya da son 6 ayda bırakmış
Hipertansiyon	Hipertansiyonu olması ya da anti-hipertansif ilaç alıyor olması
Hiperkolesterolemi	Toplam kolesterol > 200 mg/dl veya HDL<35 veya LDL>130mg/dl
Açlık glikozunda artış	En az 2 farklı ölçümde doğrulanmış olan > 110 mg/dl Açlık Kan Şekeri
Obezite	Vücut kütle indeksi (Body Mass Index; BMI) > 30 kg/m ² veya Bel çevresi >100 cm
Sedanter yaşam tarzı	Düzenli egzersiz programında yer almayanlar
Negatif yüksek serum NDL kolesterolü	> 60 mg/dl

yağ dokusu ölçümü yöntemi ve biyoempedans yöntemi ile kişinin ağırlık, boy, vücut kütle indeksi (BMI; vücut ağırlığı (kg)/Boy² (m²)), bel çevresi, bel-kalça oranı, yağ yüzdesi, yağ kütlesi, yağsız ağırlık ölçümleri gerçekleştirilir. Bel-kalça oranına göre kişinin obezite ile ilişkili hastalık riskleri de analiz edilir.

Egzersiz reçetesi oluşturulurken ilk olarak bireyin uygulayacağı egzersiz tipi belirlenmelidir. Bu aktiviteler yürüme, bisiklete binme, koşu bandı gibi düşük yoğunluk ile devam edebilen ve enerji kullanımında ortaya çıkan bireysel farklılıkların düşük olduğu aktiviteler olabileceği gibi yüzme, kayak gibi enerji kullanımının bireysel yeteneklere göre değiştiği veya basketbol, halı saha futbol, raket sporları gibi yetenek ve yoğunluk olarak büyük değişiklikler gösteren veya kas kütlelerini arttırmaya yönelik aktiviteler olabilir.⁴ Aktiviteler bireyin sağlık durumu ve ilgi alanı değerlendirilerek belirlenmelidir. Bir sonraki aşamada egzersizin sıklığı, süresi, yoğunluğu belirlenir. Kilo kaybı hedefleniyorsa uygulanan aktivite ile kalori harcanımına göre hedefler belirlenmelidir.

Düşük Risk

Hastalık bulgusu olmayan en fazla bir risk faktörünün var olduğu (erkeklerde < 45 yaş, kadınlarda < 55 yaş) bireyler

Orta Risk

Daha yaşlı (erkeklerde > 45, kadınlarda > 55) veya Tablodaki iki ya da daha fazla risk faktörünün var olduğu bireyler

Yüksek Risk

Bilinen kalp, akciğer veya metabolik hastalığı (diyabet, böbrek, tiroid veya karaciğer hastalığı) olan bireyler

Tablo 2: Kardiyovasküler ya da pulmoner hastalığı düşündüren majör bulgu ve semptomlar.

- Göğüs, boyun, çene, kollar veya iskemiyeye bağlı başka yerlerde olabilecek ağrı, rahatsızlık hissi
- İstirahat ya da hafif eforla nefes darlığı
- Baş dönmesi veya senkop
- Ortopne veya paroksizmal noktural dispne
- Ayak bileği ödemi
- Çarpıntı veya taşikardi
- İskemik bacak ağrısı
- Bilinen kalp üfürümü
- Normal aktiviteler sırasında olmaması gereken yorgunluk ve nefes darlığı

Tablo 3: A. Fiziksel aktivitede artış yapacak bir etkinliğe katılmadan önce tıbbi inceleme ve egzersiz testi yapılmasına, B. Egzersiz testinin hekim denetiminde ve gerektiğinde müdahale edebilecek yakınlıkta olmasına ilişkin öneriler.

	Düşük risk	Orta risk	Yüksek risk
A.			
Orta şiddette egzersiz	Gerekli değil	Gerekli değil	Önerilmekte
Şiddetli egzersiz	Gerekli değil	Önerilmekte	Önerilmekte
B.			
Submaksimal egzersiz testi	Gerekli değil	Gerekli değil	Önerilmekte
Maksimal egzersiz testi	Gerekli değil	Önerilmekte	Önerilmekte

Obez bireylerde egzersiz reçetelendirilmesine ek olarak obezitenin altında yatan nedenin belirlenmesi gereklidir. Obezitenin altında yatan nedenin belirlenmesi amacıyla istenmiş ayrıntılı kan tahlillerine ek olarak kişinin bir günde harcadığı enerji belirlenir. Günlük kalori harcanımı uygun koşullarda istirahat metabolik hızının ölçülmesi ve günlük aktivite kaydının yapılması sonucunda belirlenir. Bu harcanan enerji miktarının normal düzeyde olup olmadığı bireyin obezite nedeninin ve aylık yağ kütlesi kaybının belirlenmesi açısından önemlidir. Bireyin günlük tükettiği kalori miktarı, alması gereken kalori miktarı ve egzersiz programı ile harcaması hedeflenen enerji miktarı göz önüne alınarak haftalık ve aylık harcanım hedefleri belirlenir. Obez bireylerin yanısıra sporcularda da günlük harcanan enerji miktarı belirlenmelidir. Sporcularda beslenme düzenlemesi yapılırken günlük harcanan kalori miktarına antrenmanla harcanan enerjinin de katkıda bulunacağı unutulmamalıdır.

Spor fiziolojisinin en temel testlerinden olan kardiyopulmoner egzersiz (KPE) testi sporcularda aerobik egzersiz etkinliğinin saptanmasında, preoperatif riskin tanımlanmasında, kalp hastalığının derecelendirilmesinde, alveollerde gaz değişiminin değerlendirilmesinde, tedavi etkinliğinin belirlenmesinde, rehabilitasyon amacıyla ve ayrıca tanı amacıyla uygulanmaktadır. KPE testi elektrikli veya mekanik frenli bisiklet ergometreleri veya koşu bandı ergometreleri kullanılarak gerçekleştirilir.

KPE testinde belirlenen en önemli parametrelerden biri maksimal egzersiz eforuna bağlı elde edilen en yüksek O₂ tüketimi ifade eden "VO_{2maks}" değeridir. Oksijen kullanımının üst limiti maksimal kardiyak debiye, arteriyel O₂ miktarına, kardiyak debinin iskelet kasındaki dağılımına, kasın O₂'ni kullanabilmesine ve respiratuvar kapasiteye bağlıdır. Progresif olarak artan iş yükünün uygulandığı egzersiz testinde deneklerin bir kısmı VO₂ ölçümlerinde platoya ulaşmadan (maksimumVO₂ noktası; VO_{2maks}, iş yükünün artmasına rağmen VO₂'deki artışın buna eşlik edemediği nokta) yorgunluk veya dispne nedeniyle teste devam edememektedir.⁵ Bu nedenle egzersiz testinin bırakıldığı noktada ölçülen VO₂ değeri pikVO₂ değerini vermektedir. VO_{2maks}'a ulaşamadığı durumlarda VO_{2pik} değeri kişinin form durumu hakkında bilgi verir. biridir. VO₂ ölçümleri yaş, cins, vücut alanı, fiziksel aktivite ve egzersizin tipine bağlı olarak değişiklikler göstermek-

tedir. VO_2 ölçümleri sırasında VO_2 ile progresif olarak artan iş yükü arasındaki ilişkinin grafiği artışların eğimi ve kayma olup olmadığı değerli bilgiler vermektedir. Kardiyopulmoner sistemi ilgilendiren birçok hastalıkta VO_2 değeri düşük bulunmaktadır.⁶⁻⁸

KPE testinde elde edilen bir diğer metabolik parametre ventilatuvar eşik değeridir. Ventilatuvar eşik aerobik enerji üretiminin yetersiz kalıp buna ilave olarak anaerobik enerji üretiminin başladığı VO_2 değerini göstermektedir. Yani eşik değeri olarak ölçülen VO_2 düzeyinin üstünde anaerobik metabolizmanın başlayacağını gösterir. Pratikte eşik değerin üzerine ulaşıldığında laktat/piruvat oranının artacağı, laktik asidozun meydana geleceği, kapiller O_2 basıncının kritik düzeye düşeceği ve anaerobik metabolizma ile ATP üretiminin başlaması gerektiği anlaşılmaktadır.⁹ Ventilatuvar eşik değeri normal bireylerde pik VO_2 'nin genellikle %40-60'ı oranında gerçekleşmektedir. Sporcularda ventilatuvar eşikteki VO_2 değerine VO_{2maks} 'ın %60 ların üzerindeki düzeylerde ulaşılır. Ventilatuvar eşik değerinin ölçülmesi dayanıklılık performansının yani aerobik egzersiz kapasitesinin ölçümünde en değerli parametredir. Ayrıca ventilatuvar eşik hesaplanması egzersiz reçetelerinin hazırlanmasında kullanılmakta, ventilatuvar eşik değerinin düşük olması ise kardiyovasküler sistemin yetersizliğinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir.¹⁰ Örneğin periferik arter hastalığı, kronik kalp yetmezliği, konjenital kalp hastalığı ve çeşitli akciğer hastalıklarında ventilatuvar eşik değerinde düşüş gözlenmektedir. Laboratuvarımızda ventilatuvar eşik V-slope metodu kullanılarak ölçülmektedir.¹¹⁻¹³

Kalp hızı-oksijen tüketimi ilişkisi bir diğer önemli parametredir. Egzersiz sırasında kardiyak debi ve kalp hızı, VO_2 arttıkça lineer olarak artmaktadır. Kalp hastalıklarının birçoğunda kalp hızındaki artış VO_2 artışına göre daha fazla olmakta ve ortaya daha dik bir eğri çıkmaktadır. Bunun nedeni kalp hastalıklarında atım hacminin düşük kalmasıdır. Ayrıca pulmoner vasküler hastalıklarda, sol ventrikül atım hacmi düştüğü için VO_2 'ye göre kalp hızında dik bir artış görülmektedir.¹⁴ Obstrüktif hava yolu hastalığı olanlarda ise benzer bir dikleşme görülmekle beraber bu hastalarda maksimum kalp hızı tahmin edilen değerin altında çıkmaktadır (kardiyovasküler sistem maksimuma ulaşmadan ventilatuvar kısıtlama olması nedeniyle).¹⁵ KPE testi sırasında elde edilen parametrelerden nabız oksijeni değeri kalp hastalıklarının belirlenmesi açısından önemlidir.

Arteriyel kan basıncı indirekt yöntemle egzersiz sırasında ölçülmesi deneyin takibi ve güvenliği açısından gereklidir. Egzersiz sırasında sistolik kan basıncında artış gözlenirken, diyastolik kan basıncında düşme veya sabit kalma durumu tespit edilir. Progresif olarak artan iş yükü testinde, egzersiz sırasında sistolik kan basıncında düşme gözlenmesi veya belirgin artışların olması kardiyovasküler fonksiyon bozukluğunun göstergesi olduğu için egzersiz testi durdurulmalıdır.

Kalbin elektrokardiyografik cevabı KPE testi boyunca takip edilmelidir. Egzersiz sırasında özellikle diyastol süresinin kısalmasına bağlı olarak koroner perfüzyonda

azalma meydana gelmesi, erken EKG bulgularının (ST segment depresyonu, T dalgası değişiklikleri, prematüre vurular) ortaya çıkmasına neden olabileceği için tüm bireylerde ve sporcularda egzersiz testi sırasında EKG ölçümlerinin mutlaka yapılması gerekmektedir.

Egzersiz öncesi ve egzersiz sırasında ölçülen solunum fonksiyon parametreleri (ventilasyon (VE), tidal hacim, solunum frekansı, solunum rezervi, VE/VCO_2 , VE/VO_2 , vb.) metabolik ihtiyaç, metabolik asidozun ventilatuvar kompanzasyonu, ventilatuvar kontrol mekanizmalarının işleyişi, akciğerin mekanik kapasitesi, respiratuvar kasların yeterliliği gibi konularda önemli bilgilerin elde edilmesine olanak sağlamaktadır. VE/VO_2 , VE/VCO_2 , $P_{ET}CO_2$ (tidal sonu CO_2), $P_{ET}O_2$ (tidal sonu O_2) gibi alveollerden gaz değişimini gösteren parametreler de solunum sistemi hastalıkları ile ilgili bilgi vermektedir.

Spektrofotometri ve nabız pletismografisinin kombine kullanımı esasına dayanan indirekt oksimetre, arteriyel kan oksijen saturasyonunun (S_aO_2) ölçülmesi amacıyla kullanılır. Her ne kadar arteriyel O_2 saturasyonu ve nabız oksimetresi O_2 saturasyonu arasında iyi bir korelasyon bulunsa da, O_2 saturasyon ölçümlerinin PaO_2 değerlerini her zaman doğru bir şekilde yansıtmayabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle PaO_2 düzeyi 60 mmHg'nin altında olan hastalarda nabız oksimetresi ile elde edilen değerler daha güvenilirdir.¹⁶ Oksimetre ile elde edilen sonuçları daha iyi değerlendirmek için hastalardan egzersiz testi öncesi bazal ölçümler yapılır ve egzersiz ile meydana gelen düşüşler (%3-5 düşüş) değerlendirilir. Ayrıca egzersiz testleri öncesi, sırası ve sonrasında kan laktat ve glukoz ölçümleri sporcu ve hastalar ile ilgili değerli sonuçlar vermektedir.

Anaerobik kapasite veya kısa zamanlı performans kapasitesini ortaya çıkarmaya yönelik laboratuvar testleri arasında en yaygın olarak bilinen ve kullanılan 1974 yılında Ayalon, Inbar ve Bar-Or tarafından geliştirilen Wingate testidir.¹⁷ Mekanik frenli bisiklet ergometresinde gerçekleştirilen test, invaziv olmayan, çocuklar ve fiziksel engelliler de dahil olmak üzere çeşitli gruplarda kullanılabilen, bacak ve kollara ayrı ayrı uygulanabilen, anaerobik kas performansını ölçen bir testir. Sporcu ulaşabileceği maksimum devire çıktığı anda bisiklet tekerleğine deneyin vücut ağırlığının %7.-7.5 'ini oluşturan ağırlık bir kol aracılığıyla ani olarak yüklenir. Bu andan itibaren pedal devri 30 saniye boyunca olabilecek en yüksek devirde çevrilmesi istenir. Deney sonunda pik güç (ilk 5 sn güç oluşumu-alaktik anaerobik mekanizmalar), ortalama güç (30 sn ortalaması-anaerobik glikolizin göstergesi), güç düşüşü ve yorgunluk indeksi değerlendirilir.

Sonuç olarak, sporun insan vücudunda oluşturduğu fizyolojik cevaplar ve adaptasyon mekanizmalarını uygulanan çeşitli testlerle ölçmeyi hedefleyen bir bilim dalı olan Spor Fizyolojisi'nde; sağlıklı veya çeşitli hastalığı olan bireylere özel egzersiz reçetesi oluşturulur, kardiyopulmoner ve anaerobik egzersiz testleri ile sporcunun performansı belirlenir ve egzersiz testleri ile operasyon öncesi hastaların aerobik performansı analiz edilir. Egzersizin olumlu etkilerinin ön plana çıktığı son yıllarda,

doğru egzersiz programlarının oluşturulması ve egzersiz yapanların performans düzeylerinin analizinin daha da önem kazanmış olması nedeniyle 'Spor Fizyolojisi' dikkatleri üzerine çekmektedir. Sağlıklı yaşam için pek çok alanda bilimsel olarak gerekliliği ispat edilmiş olan egzersizin kişiye özel olarak belirlenmesi ve hatta reçete edilmesi son derece önemlidir. Toplumumuzda gittikçe artan spor yapma alışkanlığının fizyolojik kazanımlara dönüşebilmesi için doğru egzersiz reçetesi oluşturulmasının gerekliliğini bir kez daha vurgulamakta fayda vardır. Spor herkes içindir, buna karşın sıklığı, yoğunluğu, tipi ve süresi kişiye özeldir.

Kaynaklar

1. Gulve EA. 2008. Exercise and glycemic control in diabetes: benefits, challenges, and adjustments to pharmacotherapy. *Physical Therapy*. 88: 1297-321.
2. Durstine JL, Moore GE. ACSM's exercise management for persons with chronic disease and disabilities. *Human Kinetics*. Second Edition. Chapter 15. pp 89-98.
3. Durstine JL, Moore GE. ACSM's exercise management for persons with chronic disease and disabilities. *Human Kinetics*. Second Edition. Chapter 10. pp 64-70.
4. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, 6th edition, Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
5. Taylor HL, Buskirk E, Hensel A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance. *J Appl Physiol* 1955;366:233-249.
6. Sue DY, Hansen JE. Normal values in adults during exercise testing. *Clin Chest Med* 1984;5:89-97.
7. Jones NL, Summers E, Killian KJ. Influence of age and structure on exercise during incremental cycle ergometry in men and women. *Am Rev Respir Dis*. 1989;140:1373-1380.
8. Astrand I. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol Scand* 1960;49(Suppl. 169)1-9.
9. Bylund-Fellenios AC, Walker PM, Elander A, Holm S, Holm J, Schersten T. Energy metabolism in relation to oxygen partial pressure in human skeletal muscle during exercise. *Biochem J* 1981;200:247-255.
10. Wasserman K; McIlroy MB. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Cardiol* 1964;14:844-852.
11. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting the anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 1986;60:2020-2027.
12. Sue DY, Wasserman K, Morrica RB, Casaburi R. Measurement of anaerobic threshold by V-slope method in patients with chronic obstructive lung disease. *Chest* 1988;94:931-938.
13. Wasserman K, Beaver WL, Whipp BJ. Gas exchange theory and lactic acidosis (anaerobic) threshold. *Circulation* 1990;81(Suppl II): II-14-II-30.
14. Koike A, Itoh H, Taniguchi K, Hiroe M. Detecting abnormalities in left ventricular function during exercise by respiratory measurement. *Circulation* 1989;80:1737-1746.
15. Nery LE, Wasserman K, French W, Oren A, Davis JA. Contrasting cardiovascular and respiratory responses to exercise in mitral valve and chronic obstructive pulmonary diseases. *Chest* 1983;83:446-453.
16. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Casaburi R, Whipp BJ. (in) *Principles of Exercise Testing and Interpretation Including Pathophysiology and Clinical Applications*. (Third Edition) Lippincott Williams and Wilkins. New York. 1999.
17. Bar-Or O. The Wingate anaerobic test, An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med*. 4: 381-394, 1987.