

# İleri Egzersiz Fizyolojisi: Temel Kavramlar ve Uygulamalar

**Jonathan K. Ehrman, PhD**

**Dennis J. Kerrigan, PhD**

**Steven J. Keteyian, PhD**

Henry Ford Health System

Çeviri Editörü

**Prof. Dr. Gül Baltacı**



© Hipokrat Yayınevi 2018

ISBN: 978-605-9160-80-3

Tüm hakları saklıdır. 5846 ve 2936 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri yasası gereği; bu kitabın basım, yayın ve satış hakları Hipokrat Yayınevi'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz.

Çeviri Hipokrat Kitabevi'nin tek sorumluluğunda yapılmaktadır. Uygulayıcılar ve araştırmacılar, burada açıklanan her türlü bilgi, yöntem veya deneyin değerlendirilmesinde ve kullanımında her zaman kendi deneyim ve bilgilerine güvenmeleri gerekmektedir. Tıp ve fizyoterapi bilimindeki hızlı gelişmeler nedeni ile uygulamalardaki değişimler takip edilmelidir. Yasalar ölçüsünde Human Kinetics, yazarlar, editörler veya katkıda bulunanlar tercümeden veya burada yer alan herhangi bir yöntem, ürün, talimat veya fikirlerin kullanımı veya işletilmesinden veya ürünlerin yükümlülüğü, ihmali veya başka bir sebeple kişilerde veya mülkte oluşabilecek herhangi bir yaralanma ve/veya zarardan ötürü sorumluluk kabul etmez.

Orjinal Eser Adı

**Advanced Exercise Physiology: Essential Concepts and Applications**

Orjinal Eser Yayıncısı

**Human Kinetics**

Orjinal ISBN

**978-1-4925-0571-6**

Editörler

**Jonathan K. Ehrman**

**Dennis J. Kerrigan**

**Steven J. Keteyian**

Çeviri Eser Adı

**İleri Egzersiz Fizyolojisi: Temel Kavramlar ve Uygulamalar**

Çeviri Editörü

**Prof. Dr. Gül Baltacı**

Grafik-Tasarım

**Hipokrat Grafik Tasarım**

Baskı - Cilt

**Sözkesen Matbaacılık**

İvedik Organize 1518. Sokak Matsit İş Merkezi No: 2/40

Tel: (0312) 395 21 10 - Yenimahalle / Ankara



Süleyman Sırrı Caddesi  
No:16/2 Sıhhiye/ANKARA  
Tel: (0312) 433 03 05 - 15  
[www.hipokratkitabevi.com](http://www.hipokratkitabevi.com)



# İçindekiler

Önsöz .....	vi
Teşekkürler.....	vii
Çeviri Editör Önsözü.....	viii
Katkıda Bulunanlar .....	xi
<b>Bölüm 1</b> Egzersiz Metabolizması.....	1
Metabolizmanın Temelleri .....	1
Enerji transferi.....	2
Metabolizma için Enerji Ana Maddeleri.....	4
Enerji Sistemleri .....	6
Metabolizmadan Toplam Verim.....	17
Egzersiz Sırasında Metabolik Düzenleme .....	18
Egzersiz Metabolizmasını Etkileyen Faktörler .....	22
Özet .....	23
Tanımlar .....	23
<b>Bölüm 2</b> İskelet-Sinir-Kas ve Gastrointestinal Fizyolojinin Dinamikleri.....	25
İskelet Kasının Yapısı ve Kasılma Mekanizmaları .....	25
Hareketin Sinir-Kas Kontrolü .....	31
Kasın Fonksiyonel Özellikleri .....	37
GI Sisteminin Düzenleyici Kontrolü .....	40
Düz Kas.....	43
GI Organlara Genel Bakış .....	43
Özet .....	48
Tanımlar .....	49
<b>Chapter 3</b> Kardiyovasküler Sistem: Fonksiyon ve Kontrol.....	51
Kardiyovasküler Sistemin Genel Anatomisi.....	51
Kontraksiyon Mekanizmaları.....	53
Kardiyak Elektrofizyoloji.....	57
İletim Sistemi ve Elektrokardiyogram .....	59
Koroner Kan Akımı .....	61
Kalp Siklüsü ve Mekanizması .....	63
Kardiyak Performans .....	64
Akut egzersiz sırasında kalp hızı, atım volümü ve kardiyak debi sırasındaki değişiklikler	
Dolaşım Hemodinamiği ve Kan Akımı Dağılımı.....	70
O <sub>2</sub> ve CO <sub>2</sub> taşınması.....	74
Kardiorespiratuar Fitnes: Resmin Bütünü .....	77
Kardiyovasküler Regülasyon.....	77
İleri Kardiyovasküler Egzersiz Fizyolojisinde Diğer Önemli Konular.....	80
Böbrekler ve Egzersiz.....	82
Özet .....	82
Tanımlar .....	83

<b>Bölüm 4</b>	Pulmoner Egzersiz Fizyolojisi .....	85
	Akciğer Yapısı ve İşlevi.....	85
	Egzersiz ve Akciğer Fonksiyonları.....	94
	Hastalık .....	101
	Özet.....	104
	Tanımlar .....	104
<b>Bölüm 5</b>	Bağışıklık ve Endokrin Sistemleri .....	107
	Bağışıklık Sistemi Bileşenleri ve Fonksiyonları.....	107
	Egzersiz ve Bağışıklık Fonksiyonu .....	110
	Akut Egzersiz ve Bağışıklık Yanıtı .....	110
	Egzersiz Endokrinolojisi.....	114
	Aerobik Egzersiz Sırasında Kardiorespiratuar Sistemin Hormonal Kontrolü.....	116
	Aerobik Egzersiz Sırasında Substrat Varlığının Kullanılabilirliğinin Hormonal Kontrolü.....	117
	Aerobik Egzersiz Sırasında Sıvı ve Elektrolit Dengesinin Hormonal Kontrolü .....	119
	Aerobik Egzersiz Eğitiminden Sonra Hormon Yanıtı .....	119
	Anaerobik veya Direnç Egzersizleri Sırasındaki Endokrin Yanıt	
	Akut Anaerobik Egzersiz Sırasında Hormon Yanıtı .....	120
	Anaerobik Egzersiz Eğitimine Endokrin Adaptasyonlar .....	121
	Özet.....	122
	Tanımlar .....	123
<b>Bölüm 6</b>	Aerobik Güç Testi ve Eğitimin Temelleri.....	125
	İş ve Güç .....	125
	Enerji Üretiminin Doğrudan ve Dolaylı Ölçümü .....	126
	Egzersiz Net O <sub>2</sub> Tüketimi .....	128
	O <sub>2</sub> 'nin kalorik eşdeğeri.....	129
	Aerobik Enerji Gücü Değerlendirme Protokolleri .....	132
	Enerji ile Organ Sistemlerine Uygun Antrenman Programı ve Aerobik Gücü	
	Geliştirmek İçin Antrenman .....	136
	Aerobik Egzersize Bağlı Fizyolojik Adaptasyonlar .....	142
	Özet.....	156
	Tanımlar .....	156
<b>Bölüm 7</b>	Değerlendirme ve Eğitim Prensipleri: Anaerobik Kuvvet, Güç ve Hareket Açıklığı..	157
	Anaerobik Egzersiz Eğitim İlkeleri .....	157
	Direnç Test ve Eğitimi .....	172
	Hareket Açıklığı .....	191
	Hepsini Bir Araya Getirmek.....	200
	Özet.....	204
	Tanımlar .....	204

<b>Bölüm 8</b>	Vücut Kompozisyonu ve Ağırlık Kontrolü .....	207
	Vücut Kompozisyon Modelleri ve Teorileri .....	207
	Ağırlık Yönetimi İlkeleri.....	218
	Özet.....	226
	Tanımlar .....	227
<b>Bölüm 9</b>	Performans: Çevresel Stresler, Genetik, Beslenme ve Ergojenik Yardımcılar ..	229
	Egzersiz ve Çevre.....	229
	Performans Egzersiz Fizyolojisi .....	253
	Özet.....	267
	Tanımlar .....	270
<b>Bölüm 10</b>	Sağlık ve Fitnes için Fiziksel Aktivite ve Egzersiz .....	271
	Fiziksel Aktivite, Hareketsizlik ve Egzersizin Epidemiyolojisi.....	271
	Fiziksel Aktivite, Egzersiz, Fitnes ve Hastalık Önleme Arasındaki İlişki .....	272
	Egzersiz öncesi doğru tarama ve egzersizle ilişkili riskler .....	280
	Ne kadar egzersiz yeterlidir?.....	283
	Bulaşıcı Olmayan Kronik Hastalıkların Tedavisinde Egzersiz .....	285
	Egzersiz Tutumunun Zorlukları ve Davranış Değişikliğinin Kolaylaştırılması .....	291
	Özet.....	293
	Tanımlar .....	293
<b>Bölüm 11</b>	Yeni Kavramlar: Egzersiz Farmakolojisi ve Egzersiz Genomiği.....	295
	Egzersiz Farmakolojisi.....	295
	Egzersiz Genomiği .....	301
	Özet.....	308
	Tanımlar .....	308
	Ek A: Oksijen Tüketimi ve Karbon Dioksit Üretimi İçin Hesaplamalar .....	311
	Ek B: Verimlilik ve Enerji Harcaması .....	313
	Ek C: Sık Kullanılan Faaliyetlerin Eş Değerlerine Metabolik Eşdeğerliliği.....	315
	Ek D: Egzersiz Profesyonelinin Profesyonelleştirilmesi .....	319
	Ek E: Ortak Bilimsel Kısaltmalar ve Birimler .....	327
	Kaynaklar .....	329
	Dizin .....	363

# Önsöz

Bu ileri egzersiz fizyolojisi metninin amacı, tipik bir 15 haftalık kolej döneminde ileri düzey (yani, yüksek lisans) bir dersle tümüyle önceden gönderilebilecek detaylı bir öğretim kaynağı sağlamaktır. Bu hedefi gerçekleştirmek için kısmen, lisans eğitimi programında yer alan bazı materyalleri kaldırdık, çünkü bu bilgi lisansüstü programlara girmek için bir ön şarttır.

Bölüm 1 ila 5, öğrencileri vücudun çeşitli organ sistemlerine götürerek egzersiz fizyolojisinin arka planını sağlar. Bu bölümlerin her biri, egzersiz fizyolojisi ile ilgili temel bilgiler hakkında kısa bir gözden geçirme ile başlar ve lisans düzeyindeki her bölüm konusuna ayrıntılı bir genel bakış sağlar. Bu bölümlerde yaşlanmanın fiziksel aktivite ve egzersiz yeteneğinin fizyolojik ve psikolojik parametrelerine olan etkileri de incelenmektedir. Bölüm 6 ve 7 egzersiz eğitimini ve test yöntemlerini ve ilkelerini, egzersiz eğitimi uyarlamalarını ve cevaplarını tartışır.

Kalan bölümler, vücut kompozisyonu değerlendirme tekniklerinin tam bir incelemesi de dahil olmak üzere çeşitli özel konuları kapsar (Bölüm 8); çeşitli ortamların egzersiz fizyolojisi ve sportif performans üzerine etkileri (Bölüm 9); ve fiziksel aktivite, spor ve düzenli egzersiz ile halk sağlığı arasındaki ilişki (Bölüm 10). Halk sağlığını ilgilendiren veriler, çok fazla veri, bireylerin sağlığı üzerinde egzersiz eksikliği ve fiziksel aktivitenin önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Tersine, egzersizin ve dü-

zenli fiziksel aktivitenin sağlığa olumlu etkilerini anlatan bol miktarda bilgi halka açıktır. Son olarak, bölüm 11, egzersiz fizyolojisi alanında iki önemli ve ortaya çıkan yeni kavramları inceler: genomik ve farmakoloji.

Çoğu bölümdeki özel özellikler, egzersiz fizyolojisinin klinik ve insan performansı yönlerini ele alan pratik materyalleri içerir. Diğer özellikler, egzersiz fizyolojisinin zengin geçmişi ve araştırma yönleri hakkında bilgi içerir. Son olarak, her bölüm, temel kavramları, bir tam referans listesini, gözden geçirme soruları listesini ve önerilen okuma parçaları gibi diğer çalışma araçlarını özetleyen madde işaretli bir liste ile bitmektedir.

Ayrıca, metni benimsemiş öğretmenler için aşağıdaki yardımcı maddeler mevcuttur:

- Sınavlar oluşturmak veya mevcut sınavları tamamlamak için kullanılabilen, 250'nin üzerinde çoktan seçmeli, doğru veya yanlış ve boşluk doldurma ile ilgili sorular içeren bir test paketi
- PowerPoint veya diğer sınıf sunumları oluşturmak için kullanılabilen, kitaptan anahtar rakamlar ve tablolar içeren bir görüntü bankası

Eğitmenler bu materyallere [www.HumanKinetics.com/AdvancedExercisePhysiology](http://www.HumanKinetics.com/AdvancedExercisePhysiology) adresinden erişebilirler.

# Teşekkürler

Bu kitaba katkıda bulunmamı sağlamış olan yıllar boyunca Allah'tan, ailem ve iş arkadaşlarımdan aldığım birçok nimetten dolayı teşekkür ediyorum. Central Michigan Üniversitesi, Wayne Eyalet Üniversitesi ve Ohio Eyalet Üniversitesi'ndeki eğitimim için minnettarım, beni Dr. Steven Keteyian önderliğinde, çok sayıda klinik egzersiz fizyoloğuyla çevreleyen muhteşem bir çalışma ortamından keyif aldım. ve bilgi tabanım zenginleştiren ve bana birçok, harika fırsatlar getiren diğer müttetik sağlık profesyonelleri. Sonunda, ailem son 25 yılda büyük bir sevgi ve sevinç kaynağı oldu. Karım Janel'e ve Joshua, Jacob, Jared ve Johanna'ya uzun yıllar boyunca cesaretlendirici, sevgi dolu ve saf bir zevk için teşekkür ediyorum.

—Jonathan K. Ehrman

Bu eserin geçmişten günümüze birçok öğretmen, arkadaş ve meslektaşın rehberliği, teşvik edilmesi ve desteği olmaksızın mümkün olamayacağını farkında olmak önemlidir. Özellikle, bu kitapta akıl hocalarımı ve ortak yazarlarımı tanımak isterim Drs. Jonathan Ehrman ve Steven Keteyian. En önemlisi, eserime olan ilhamım ailem. En iyi arkadaşım Robin, adım adım her adımımı destekledi, karım olarak sizi kutsasın. Çocuklarımıza, Veronica, Liam ve Emma'ya her biri bana kendi yollarıyla sevinç getiriyor ve beni olabildiğince iyi olmaya itiyor. Ailem Dennis ve Jane'e, bana öğrettiğin öğrenmenin ve değerli işin sevgisinden dolayı minnettarım.

—Dennis J. Kerrigan

İnanıyorum ki, kişinin entelektüel ve mesleki gelişimine katkıda bulunanların farkına varılması önemlidir. Bu amaçla, MD Sidney Goldstein'a, Henry Kim, MD; Donald J. Magilligan, MD; James Scott; Robert Shepard, PhD; ve W. Douglass Weaver, MD teşekkür etmek istiyorum. Ayrıca yaklaşık 40 yıldır klinik açıdan en belirgin hastalığı olan hastaların bakımında egzersiz testi ve eğitim kullanımını konusunda benimle paylaştığım iş arkadaşlarımı ve öğrencileri tanımadığım ve takdir etmediysem kaygılı olacağım. Sonunda, mesleki çalışmalarımın edindiğim keyif ve beğeniler, ailem için tuttuğum sevgi, sevinç ve minnettarlık ile kıyaslandığında canlanır: Courtland Keteyian; Stephanie, Jake ve Ian Stacy; Yakup Keteyyan; Aram Keteyian; ve sonsuza kadar eşim Lynette Laidler-Keteyian. Teşekkürler ve pekçok dualar.

—Steven J. Keteyian

# Çeviri Editör Önsözü

Egzersiz yaşamımın temellerinden ve akademik öğrenim hayatımın vazgeçilmezlerinden olmuştur. Profesyonel basketbol oyunculuğundan başlayan süreçle Fizyoterapi ve Rehabilitasyon lisans eğitimimde ilgimin artması ile Yüksek lisans ve Doktora eğitimimin Egzersiz Fizyolojisi ile ilgili konuları ve tezlerimi içermesi bugün 32. yıllık meslek hayatımın en güzel ürünlerinden biri olan bu özel kitabı sizlere sunmaktan gurur duyuyorum.

Egzersiz, beslenme, ve uyku, sağlık ve uzun ömürlülüğün korunmasında önemli rol oynamaktadır. Egzersiz, enerji tüketimini artırarak, insülin duyarlılığını geliştirerek, kan akışını artırarak, beyin türevli nörotrofik faktör seviyelerini yükselterek ve enflamasyonun azaltılmasını sağlayarak iyi kardiorespiratuar, kardiyovasküler, se-rebrovasküler ve kassal fitness korunmasını başlatır ve destekler.

Günümüzde artık vücudun temel gereksinimlerinden biri olan hareket; egzersiz ve fiziksel aktivite ile ortaya çıkınca paslanmayan, ağrıdan uzak ve vidaların normal çalışmasını sağlayan anatomik bir denge sergilemektedir. İşte burada bu sistemlerin egzersizle olan ilişkisini klinik

örnekler, sporcular ve sağlıklı kişilerdeki farklılıklarını ortaya koyan ve son yıllarda genomikler, farmakoloji ve ergojenik desteklerle bütünleştiren zevkli ve güzel bir kitabın ilk baskısıyla sizlere sunmaktayız.

Dünya’da da ilk kez Şubat 2018 de İngilizce olarak çık-masından çok kısa bir süre sonra Türkçe olarak çevrilme-sinde emeği geçen birbirinden değerli ve konusuyla ilgili uzmanlara sizlere çok şahane bir eseri büyük bir hızlıkla hazırladıkları için şükranlarımı sunuyorum.

Ayrıca Hipokrat Yayınevine telif hakkının alımındaki hızlıkları ve Hüseyin Çağlıkasap’a özel zamanını ayırıp gece-gündüz orijinal hale getirilmesini sağladığı için teşekkür ederim.

Egzersiz yaşam felsefesi haline getiren, sporu hayatı-nın bir parçası kabul eden ve tüm dinamik yapıları anla-mamızı sağlayan Egzersiz Fizyolojisi ile uğraşan herkese yararlı olması dileğiyle,

**Prof.Dr. Gül Baltacı**

*Şubat 2018*



# Katkıda Bulunanlar

BÖLÜM 1	<b>Doç. Dr. Alper Yıldırım</b> Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, İstanbul
	<b>Yrd. Doç. Dr. Nuray Alaca</b> Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İstanbul
BÖLÜM 2	<b>Prof. Dr. Osman Açıkgöz</b> Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Spor Fizyolojisi Bilim Dalı, İzmir
BÖLÜM 3	<b>Doç. Dr. Neslihan Durutürk</b> Başkent Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara
	<b>Doç. Dr. Naciye Vardar Yağlı</b> Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara
BÖLÜM 4	<b>Prof. Dr. Nilşel Okudan</b> Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı Spor Fizyolojisi Bilim Dalı, Konya
BÖLÜM 5	<b>Doç. Dr. Muaz Belviranlı</b> Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı Spor Fizyolojisi Bilim Dalı, Konya
BÖLÜM 6	<b>Öğr. Gör. Jeffrey Roy Chauchat</b> Doğu Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Spor Bilimleri, Kıbrıs
	<b>Yrd. Doç. Dr. Berkiye Kırmızıgil</b> Doğu Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Kıbrıs
BÖLÜM 7	<b>Uzm. Fzt. Murat Tomruk</b> Dokuz Eylül Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Muskuloskeletal Fizyoterapi Anabilim Dalı, İzmir
	<b>Dr. Fzt. Melda Soysal Tomruk</b> Dokuz Eylül Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Nörolojik Fizyoterapi Anabilim Dalı, İzmir
	<b>Dr. Fzt. Barış Gürpınar</b> Dokuz Eylül Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Geriatrik Fizyoterapi Anabilim Dalı, İzmir
	<b>Prof. Dr. Nihal Gelecek</b> Dokuz Eylül Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu, İzmir

<b>BÖLÜM 8</b>	<b>Prof. Dr. Murat Baş</b> Acıbadem Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul
	<b>Öğr. Gör. Dr. Duygu Sağlam</b> Acıbadem Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul
<b>BÖLÜM 9</b>	<b>Öğr. Gör. Dr. Fzt. Seher Özyürek</b> Dokuz Eylül Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu, İzmir
	<b>Dr. Fzt. Sevil Üzer</b> Dokuz Eylül Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu, İzmir
<b>BÖLÜM 10</b>	<b>Yrd. Doç. Dr. Berkiye Kırmızıgil</b> Doğu Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Kıbrıs
<b>BÖLÜM 11</b>	<b>Yrd. Doç. Dr. Oğuz Yüksel</b> Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği AD
	<b>Araş. Gör. Mehmet Ali Tarhan,</b> Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği AD
<b>EKLER</b>	<b>Doç. Dr. Nihan Özünlü Pekyavaş</b> Başkent Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara
	<b>Prof. Dr. Gül Baltacı</b> Özel Ankara Güven Hastanesi