

Sporcuların bağırsak mikrobiyomu üzerinde egzersizin etkisi: sistematik bir derleme

The effect of exercise on the gut microbiome of athletes: a systematic review



Öz

Gastrointestinal sistemdeki mikroorganizmalar besin alımı, vitamin sentezi, enerji üretimi, inflamatuvar modülasyon ve konakçı bağışıklık tepkisinde önemli bir rol oynar ve toplu olarak insan sağlığına katkıda bulunur. Bağırsak mikrobiyotasını şekillendiren biçimlendirici faktörlerden biri olan egzersizin oynadığı rol, özellikle spora veya egzersize özgü diyet, çevre ve bunların etkileşimleri gibi ilişkili faktörlerin ve stres faktörlerinin bağırsak mikrobiyotasını nasıl etkileyebileceği daha az açıklanmıştır. Bu nedenle, bu sistematik derlemenin amacı, egzersizin sporcuların bağırsak mikrobiyotası ve onu şekillendiren faktörler üzerindeki etkisi ile ilgili literatürü özetlemek ve onu şekillendiren faktörler hakkındaki mevcut bilgileri özetlemektir. Bu çalışma sistematik derleme niteliğindedir ve Aralık 2010–Aralık 2020 tarihleri arasında elektronik veritabanlarından (Pubmed, Web of Science ve EBSCOhost) İngilizce dizinler taranarak gerçekleştirilmiştir. Elektronik veri tabanı sistematik araştırmasında metodoloji olarak Sistematik Derlemeler ve Meta-Analiz Protokolleri için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri (The Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses -PRISMA) temel alınmıştır. Araştırmaya toplam 14 tam metin çalışma dâhil edilmiştir. Çalışmaların büyük çoğunluğunda sporcuların gastrointestinal mikrobiyota bileşimindeki değişiklikler arasında yüksek bir korelasyon olduğu görülmektedir. Çok kısa vadeli ve orta/uzun vadeli egzersiz programlarının bağırsak mikrobiyotasının bileşimi üzerindeki etkilerine ilişkin raporlar tutarsızdır. Sporcuların bazı bağırsak mikrobiyom çeşitliliğinin egzersize yanıt verebileceği ve karşılığında sporcu sağlığını ve performansını etkileyebileceği olası mekanizmaları ortaya çıkarmak için daha birçok araştırmaya ihtiyaç vardır.

Anahtar Sözcükler: atletik performans; bağırsak mikrobiyotası; egzersiz; sporcular.

Abstract

Microorganisms in the gastrointestinal tract play an important role in nutrient uptake, vitamin synthesis, energy harvesting, inflammatory modulation and host immune response, and collectively contribute to human health. The role played by exercise, which is one of the formative factors that shape the gut microbiota, and how stress factors and associated factors, especially sport or exercise-specific diet, environment and their interactions, can affect the gut microbiota has been less clear. Therefore, the purpose of this systematic review is to summarize the literature on the impact of exercise on the gut microbiota of athletes and the factors that shape it, and to summarize the current knowledge about the factors that shape it. This study is a systematic review and was carried out by searching English indexes from electronic databases (Pubmed, Web of Science and EBSCOhost) between December 2010 and December 2020. The Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) was used as the methodology for the systematic search of the electronic database. A total of 14 full-text studies were included in the study. The vast majority of studies show a high correlation between changes in the gastrointestinal microbiota composition of athletes. Reports on the effects of very short-term and medium/long-term exercise programs on the composition of the gut microbiota are inconsistent. Much more research is needed to uncover possible mechanisms by which some of the athletes' gut microbiome diversity may respond to exercise and in turn affect athlete health and performance.

Keywords: athletes; athletic performance; exercise; gut microbiota

Merve Gezen Bölükbaş¹,
Şerife Vatansever¹

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi,
Spor Bilimleri Fakültesi,
Antrenörlük Eğitimi Bölümü

Geliş/Received : 18.01.2022

Kabul/Accepted: 05.06.2022

DOI: 10.21673/anadoluklin.1059732

Yazışma yazarı/Corresponding author

Merve Gezen Bölükbaş

Bursa Uludağ Üniversitesi, Spor Bilimleri
Fakültesi, Görükle Merkez Kampüsü, Nilüfer,
Bursa

E-posta: mgezenn@gmail.com

ORCID

Merve G. Bölükbaş: 0000-0002-6681-2867
Şerife Vatansever: 0000-0003-4722-5197

GİRİŞ

Bağırsak mikrobiyomu/mikrobiyotası, insan sağlığı ve metabolizmasının düzenlenmesinde rol oynamaktadır. Yetişkin insan bağırsak mikrobiyotası, binlerce farklı türe ait trilyonlarca mikroorganizma içermekte ve konağın genel sağlığı ve hastalığında çok önemli bir role sahip olduğu kabul edilmektedir (1,2). Normal insan bağırsak mikrobiyotası, Bacteroidetes, Firmicutes Cyanobacteria, Proteobacteria, Fusobacteria, Actinobacteria ve Verrucomicrobia'dır ve ilk iki ana filum (Bacteroidetes ve Firmicutes) bağırsak bakteri florasının yaklaşık %90'ını temsil etmektedir (3). Bu mikroorganizmalar insan bağırsağında yaşar, birbirleriyle ve konakçı ile etkileşime giren karmaşık bir topluluk oluştururlar. Bağırsak mikrobiyota sağlığının bir ölçüsü olarak, Firmicutes/Bacteroidetes (F/B) arasındaki nispi oranı kullanılmaktadır (4).

Bağırsak mikrobiyomu, beyin ile bağlantılı bir sinir sistemini içermekte ve bağırsak-beyin eksenini oluşturmaktadır. Mikrobiyotanın, fizyolojisini ve sinirle ilgili hastalıkları etkileyen dopamin, norepinefrin, serotonin ve gama-aminobutirik asit (GABA) dâhil olmak üzere çok çeşitli memeli nörotransmitterlerini etkilediği belirtilmiştir (5,6). Bu nedenle, bağırsak mikrobiyota eubiozu (sağlıklı/normal mikrobiyota), metabolizmasına, fizyolojisine, beslenmesine ve bağışıklık fonksiyonlarına katkıda bulunarak konağın refahını etkileyebilmektedir (7).

Bağırsak mikrobiyotası sabit bir özellikte değildir (8). Mikrobiyota bileşimi, mikrobiyomun kendine özgü faktörlerden (yani yaşa bağlı durum, kompozisyon durumu, doğum yolu vb.) ve konakçı harici faktörlerden (yani yaşam tarzı, beslenme alışkanlıkları, antibiyotik kullanımı, fiziksel aktivite vs.) kaynaklanabilen belirli derecede bireyler arası farklılıklar göstererek şekillenmektedir (9-11). Buna karşılık, çok sayıda içsel ve dışsal faktör bağırsak mikrobiyotasını etkileyebilmekte ve bu da oldukça dinamik ve bireysel olan karmaşık bir bağırsak ekosistemi ile sonuçlanabilmektedir (3).

Bağırsak mikrobiyotasında diyet baskın bir rol oynasa da, fiziksel egzersiz de önemli bir modülatör olarak ortaya çıkmaktadır (12,13). Fiziksel egzersizle indüklenen bağırsak mikrobiyotasındaki değişiklikler, bağırsak geçiş süresine, safra asitleri profilininin

modifikasyonuna, 5'-adenozin monofosfat (AMP) ile aktive edilmiş protein kinaz (AMPK) aktivasyonu yoluyla kısa zincirli yağ asitlerinin (SCFA- Short Chain Fatty Acid) üretilmesine, Toll benzeri reseptör (TLRs, Toll Like Receptor) sinyal yoluna, immüno-globulin A (IgA), B ve CD4+ T hücrelerinin sayısına ve son olarak kilo kaybı gibi modülasyonlara bağlı olabilmektedir (14-20).

Sporcular, oldukça önemli fizyolojik ve metabolik adaptasyonlara (kas kuvveti/ gücü, aerobik kapasite, enerji harcaması, ısı üretimi vb.) sahiptir ve bağırsak mikrobiyotası araştırmalarında benzersiz bilgiler sağlamaktadır. Buna ek olarak, toparlanma, bağışıklık sistemini düzenleme, mukozal ve beyin sağlığını etkileme yeteneği ile bağırsak mikrobiyotası sporcu sağlığı, refahı ve spor performansında önemli bir rol oynayabilmektedir (21-23). Son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde profesyonel sporcuların, sedanter veya daha az aktif olan bireylere kıyasla bağırsak mikrobiyotası ile fiziksel aktivite seviyeleri arasında dinamik bir ilişki olduğu bulunmuştur (16, 21-25).

Sporcuların antrenman geçmişi, antrenman ortamı, fiziksel uygunluk seviyesi, diyet alımı, antibiyotik kullanımı gibi faktörlerin tümü, çalışma sonuçlarını önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Tüm bu faktörler, egzersiz ve atletik performans kaynaklı bağırsak mikrobiyotasında oluşabilecek değişikliklerin tespit edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, bu bireyler çeşitli egzersiz/atletik disiplinler ve sınıflandırmalar içinde veya arasında karşılaştırılırken, bu faktörlerin araştırmacılar tarafından dikkate alınması ve raporlanması gerektiği ifade edilmektedir (26).

Klinik öncesi çalışmalarda, fiziksel egzersizin sporcuların mikrobiyal çeşitliliğini teşvik ettiğini ve sağlığa yararlı bağırsak bakteri popülasyonlarını artırdığını gösterirken, bazı çalışmalarda da çelişkili sonuçlar rapor edilmektedir. Egzersizin bağırsak mikrobiyotasını tam olarak nasıl etkilediğini açıklayabilmek için belli kriterlere sahip ve yöntemsel olarak benzer çalışmaların derlenip sistemli bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmanın amacı, egzersizin sporcuların bağırsak mikrobiyotası ve onu şekillendiren faktörler üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalarını sistemli bir şekilde derlemektir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Tasarım

Egzersiz sporcuların bağırsak mikrobiyotası ve onu şekillendiren faktörler üzerindeki etkilerini inceleyen makalelerin metodolojik kalitesini ve sonuçlarını tartışmak için sistematik bir inceleme yapılmıştır. Bu sistematik inceleme, Sistematik İncelemeler ve Meta-Analiz Protokolleri için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri (PRISMA) yönergelerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir (27).

Arama stratejisi

Bu çalışma sistematik derleme niteliğindedir ve Aralık 2010–Aralık 2020 tarihleri arasında elektronik veritabanlarından (Pubmed, Web of Science ve EBSCOhost) İngilizce dizinler taranarak gerçekleştirilmiştir. Medline veya temel klinik dergide İngilizce olarak yayınlanan çalışmalar şu durumlarda dâhil edilmiştir: (1) Katılımcılar 18+ yaş sporcu ise; (2) bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkileri için egzersiz programları tasarlandı ise; ve (3) deneysel tasarımlar kullandılar ise. İncelemede, “exercise”, “athletes”, “sports performance”, “gut microbiota” ve “gut health” anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Egzersizin sporcuların bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkisini inceleyen tam metni bulunan makaleler dâhil edilme kriterleri yönünden değerlendirilerek örnekleme alınmıştır.

Seçim Kriterleri

Katılımcılar

Bu sistematik derleme, herhangi bir egzersiz oturumuna katılan sporcular (yaş>18) üzerine yapılan çalışmalarını içermektedir. Cinsiyet, etnik köken veya ırk konusunda herhangi bir kısıtlama yoktur.

Egzersiz uygulamaları

İskelet kasları tarafından enerji harcamasını gerektiren herhangi bir fiziksel hareketi içeren; planlı, yapılandırılmış ve tekrarlayan; en az orta veya yüksek yoğunlukta olan; ve önceden belirlenmiş bir süre boyunca fiziksel uygunluğu (fitness) etkileyen; diyet alımını içeren; bağırsak mikrobiyota durumlarını etkileyen araştırmalar dâhil edilmiştir. Çalışmalar, katılımcı özellikleri, egzersiz özellikleri, diyet alımı, elde edilen önemli fiziksel uygunluk, diyet ve bağır-

sak mikrobiyota etkileri olarak özetlenmiştir. Egzersiz özellikleri; aktivite türü, süre, sıklık ve yoğunluk unsurları; diyet alım türü ve zamanı kullanılarak tanımlanmıştır.

Dışlanma kriterleri

Veriler, dâhil edilme kriterlerine göre PRISMA yönergelerine uygun olarak değerlendirmiştir (Şekil 1). Çalışmalar şu durumlarda hariç tutulmuştur: (a) Araştırma son 10 yıl içerisinde yayınlanmamış ise; (b) çalışmanın tam metni mevcut değil ise; (c) araştırma İngilizce dili ile yazılmamış ise; (d) araştırma sistematik bir gözden geçirme, meta-analiz, bir olgu sunumu, bir doktora tezi veya bir sözleşmeden elde edilen bir özet ise; (e) araştırmanın başlık ve özeti uymuyor ise, (f) yinelenen makaleler var ise, (g) egzersiz uygulamalarını içermeleri ancak bağırsak mikrobiyal topluluğundaki etkilerini değerlendirmiyor ise; (h) örneklem 18 yaş altı ve üstü sporcu kişilerden oluştuğu halde elde edilen veriler her yaş grubu için ayrı olarak rapor edilmiyor ise.

BULGULAR

Başlangıçta elde edilen 923 kaynağın sonunda, araştırma kriterlerine göre toplam 14 çalışma seçilmiştir (bkz. Şekil 1).

Sporcuların bağırsak mikrobiyotası üzerinde egzersizin etkilerini inceleyen çalışmaların ayrıntıları ve önemli sonuçları Tablo 1’de sunulmuştur.

Hampton-Marcell ve ark. (2020), üniversite yüzücülerinde egzersiz hacmindeki kısa vadeli değişikliklere bağırsak mikrobiyotası yanıtını incelemişlerdir. Egzersiz hacmi ile genel mikrobiyal çeşitlilikte azalma olduğu tespit edilirken, bakteri cinsi *Faecalibacterium* ve *Coprococcus*’un oranında da bir azalma olduğu tespit etmişlerdir (28).

Joy ve ark. (2020), vücut geliştiriciler üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada, yüksek proteinli/kısıtlı diyet lifi ile sağlıklı hareketsiz gruplar arasında bağırsak mikrobiyal çeşitlilikte ve faydalı bakteriler açısından önemli bir farklılığın olmadığını tespit etmişlerdir. Protein/diyet lifi alımı karşılaştırıldığında ise, bağırsak mikrobiyal çeşitliliği ve faydalı bakterilerin görece bolluğu, sağlıklı hareketsiz deneklerinkinden önemli farklılıklar gösterdiği bulunmuştur (29).

Tablo 1. Sporcuların bağırsak mikrobiyotası üzerinde egzersizin etkilerini inceleyen çalışmaların ayrıntıları ve önemli sonuçları

Yazarlar (yıl)	Katılımcılar	Egzersiz ve diyet prosedürü	Elde edilen fiziksel uygunluk sonuçları	Elde edilen diyet sonuçları	Elde edilen önemli bağırsak mikrobiyotası sonuçları
Hampton-Marcell ve ark. (2020)	Örneklem (n; cinsiyet): n=13; 8K, 5E Yaş (Ort ± Ss): 18-24, RE	EG - Aktivite: Üniversite yüzme takımı antrenmanları - Süre: 2 yıl - Sıklık: RE - Yoğunluk: Antrenman hacmi 32.6 ± 4.8 km/hafta'dan 11.3 ± 8.1 km/hafta'ya inmiştir.	-Vücut kompozisyonu ↔	RE	-Firmicutes (<i>Faecalibacterium</i> , <i>Coprococcus</i>) ↓
Joy ve ark. (2020)	Örneklem (n; cinsiyet): n=43; RE Dağılım: -EG 1: n=12 -EG 2: n=10 -EG 3: n=6 -KG: n=15 Yaş (Ort ± Ss): RE -EG 1: 25.00 ± 3.05 -EG 2: 25.90 ± 4.09 -EG 3: 28.67 ± 6.12 -KG: 26.27 ± 2.05	Tüm Gruplarda - Aktivite: Direnç egzersizi (Vücut geliştirme) - Süre: 60 gün - Sıklık: RE - Yoğunluk: RE - Diyet alımı: - <i>Probiyotik grup:</i> Aşağıdaki türlerin her birinden 10 ¹² CFU içeren kapsül: L. acidophilus, L. casei, L. Helveticus ve Bifidobacterium bifidum. - <i>Plasebo grubu:</i> Mısır nişastasından oluşan kapsül. EG 1 - Diyet alımı: Yüksek protein ve yetersiz diyet EG 2: - Diyet alımı: Yüksek protein ve uygun diyet EG 3: - Diyet alımı: Uygun protein ve yetersiz diyet KG: - Diyet alımı: Plasebo	RE	Tüm Gruplarda -Protein alımı ↑ -Diyet lifi ↑	-Lactobacillus ↔ -Actinobacteria (<i>Bifidobacterium</i>) ↔ -SFCA (<i>Asetik asit</i> , <i>butirik asit</i> ve <i>probiyonik asit</i>) ↔
Che-Li ve ark. (2020)	Örneklem (n; cinsiyet): n=21; 7K, 14E Dağılım: -EG 1 (OLP-01): n=10; 3K, 7E -EG 2 (Plasebo): n=10; 4K, 7E Yaş (Ort ± Ss): 20-30, RE -EG 1 (OLP-01): 21.6 ± 0.7 -EG 2 (Plasebo): 21.2 ± 0.4	- Aktivite: Düzenli dayanıklılık antrenmanı - Süre: 3 Hafta - Sıklık: RE - Yoğunluk: RE EG 1 (OLP-01) - Diyet alımı: -OLP-01, <i>Bifidobacterium longum subsp. Longum</i> , kadınlar 48 kg halter yarışmasında Olimpiyat altın madalyalı sporcudan izole edildi. -Her OLP-01 kapsülü, 5 × 10 ⁹ koloni oluşturan birimler içeriyordu. -Dozaj, her yemekten sonra olmak üzere günde üç kapsüldü. EG 2 (Plasebo) - Diyet alımı: Maltodekstrin	EG 1 (OLP-01) -12 Dakikalık Cooper Koşu/Yürüme ↑ -BMI ↔ -Vücut yağ yüzdesi ↔ -Kas kütlesi ↔ EG 2 (Plasebo) -12 Dakikalık Cooper Koşu/Yürüme ↔ -BMI ↔ -Vücut yağ yüzdesi ↔ -Kas kütlesi ↓	RE	-Actinobacteria (<i>Bifidobacterium</i>) ↑ -Firmicutes ↑ -Proteobacteria ↓ -Lactobacillus ↑
Keohane ve ark. (2019)	Örneklem (n; cinsiyet): n=4; 4E Yaş (Ort ± Ss): RE; 26.05 ± 1.3	EG1 (Probiyotik-UCC118) Aktivite: Doğu-batı transatlantik kürek yarış (Ultra dayanıklılık) : 4 kişilik mürettebat, 2 çifte bölünmüş, etkinlik sırasında her 2 saatte bir değişerek yarış süresi boyunca her bir birey için 394,9 saatlik kümülatif kürek çekmeye katılmışlardır. - Süre: 33 Gün 22 saat - Sıklık: Her 2 saatte bir değişerek yarışa devam etmiştir. - Yoğunluk: RE - Diyet alımı: Yarıştan en az 6 hafta (en fazla 6 ay) önce tüm sporcular, yarış sırasında artan kalori harcaması beklentisiyle kalori alımlarını artırmışlar.	-BMI ↔ -VO ₂ max ↔	RE	-α çeşitliliği ↑ (1., 2. ve 4. Sporcu) -α çeşitliliği ↓ (3. Sporcu) -Bacteroidetes (<i>B. finnegoldii</i>) ↓ -Firmicutes (<i>D. longicatena</i> , <i>R. hominis</i> , <i>Subdoligranulum</i>) ↑ -Bacteroidetes (<i>Prevotella copri</i>) ↑ (2. Sporcu)

Jang ve ark. (2019)	<p>Örneklem (n; cinsiyet): n=28; 28E</p> <p>Dağılım: -EG1 (Elit mesafe koşucuları): n=15 -EG2 (Vücut geliştiriciler): n=15 -KG (Sağlıklı Düzenli egzersiz yapmayan): n=15</p> <p>Yaş (Ort ± Ss): 20-24, RE</p> <p>-EG1 (Elit mesafe koşucuları): 20 ± 1 -EG2 (Vücut geliştiriciler): 25 ± 3 -KG (Düzenli egzersiz yapmayan): 26 ± 2</p>	<p>EG1 (Elit mesafe koşucuları) -Aktivite: Elit mesafe koşu antrenmanları (7.5±2.1 yıl)</p> <p>EG2 (Vücut geliştiriciler): -Aktivite: Vücut geliştirme antrenmanları (7.6±3.7 yıl)</p> <p>KG (Sağlıklı Düzenli egzersiz yapmayan): -Aktivite: Günlük rutin aktivitelere devam etmişlerdir (Son 6 aydaki ortalama fiziksel aktivitesi 860 ± 979 MET'tir.).</p>	<p>Vücut kompozisyonu -Yağsız doku ↑ (EG2) -Yağsız doku ↓ (EG1) -Yağ dokusu ↑ (KG) -Vücut yağ yüzdesi ↑ (KG) -Vücut yağ yüzdesi ↓ (EG1)</p>	<p>-Protein alımı ↔ (EG1 ve KG) -Protein alımı ↑ (EG2) -Karbonhidratların enerji katkı oranı ↔</p>	<p>EG1 (Elit mesafe koşucuları) -Firmicutes (<i>Blautia wexlerae</i>, <i>Weissella confusa</i>) ↓ -Bacteroidetes (<i>B. caccae</i>) ↑</p> <p>EG2 (Vücut geliştiriciler) -Firmicutes (Faecalibacterium, Clostridium, Eisenbergiella) ↑ -Firmicutes (<i>Blautia wexlerae</i>, <i>Eubacterium hallii</i>) ↓ -Proteobacteria (Sutterella, Haemophilus) ↑ -Proteobacteria (Parasutterella) ↓ -Actinobacteria (<i>Bifidobacterium</i>, <i>B. longum</i>, <i>B. adolescentis</i>) ↓ -Lactobacillus (<i>Lactobacillus sakei</i>) ↓</p> <p>KG (Sağlıklı Düzenli egzersiz yapmayan) -Actinobacteria (<i>B. adolescentis</i>, <i>B. longum</i>) ↑ -Lactobacillus (<i>Lactobacillus sakei</i>) ↑ -Firmicutes (<i>Blautia wexlerae</i>, <i>Eubacterium hallii</i>) ↑</p>
Liang ve ark. (2019)	<p>Örneklem (n; cinsiyet): n=28; 15K, 14E</p> <p>Dağılım: -EG 1 (H-Üst düzey): n=12; 7K, 5E -EG 2 (L-Alt düzey): n=16; 8K, 8E</p> <p>Yaş (Ort ± Ss): 20-24, RE</p> <p>-EG 1 (Üst düzey): 20.08 ± 1.83 -EG 2 (Alt düzey): 20.19 ± 1.22</p>	<p>EG 1 (H-Üst düzey) Aktivite: Profesyonel dövüş sanatları antrenmanı (<i>Ulusal Birinci Sınıf Sporcuları</i>) -Süre: 11.17 ± 1.75 (Egzersiz süresi/yıl) -Sıklık: RE -Yoğunluk: 29.25 ± 9.48 (Egzersiz yükü saat/hafta)</p> <p>EG 2 (L-Alt düzey) Aktivite: Profesyonel dövüş sanatları antrenmanı (<i>Ulusal İkinci Sınıf Sporcuları</i>) -Süre: 9.0 ± 3.50 (Egzersiz süresi/yıl) -Sıklık: RE -Yoğunluk: 16.63 ± 6.82 (Egzersiz yükü saat/hafta)</p>	RE	RE	<p>EG 1 (Üst düzey) (<i>L grubuna göre</i>) -Bacteroidetes (Porphyromonadaceae, Parabacteroides) ↑ -Firmicutes (Acidaminococcaceae, Oscillibacter, Megaspheara) ↑ -Firmicutes (Veillonellaceae, Allisonella) ↓ -Proteobacteria (Bilophila) ↑ -Proteobacteria (Citrobacter) ↓</p> <p>EG 2 (Alt düzey) (<i>H grubuna göre</i>) -Firmicutes (Veillonellaceae, Allisonella, Megaspheara) ↑ -Proteobacteria (Citrobacter) ↑</p>
Murtaza ve ark. (2019)	<p>Örneklem (n; cinsiyet): n=21; 21E</p> <p>Dağılım: -EG 1 (Yüksek Karbonhidrat-HCHO): n=10 -EG 2 (Karbonhidrat-PCHO veya Düşük Karbonhidrat Yüksek Yağlı-LCHF): n=10</p> <p>Yaş (Ort ± Ss): 20-35, RE</p>	<p>EG 1 (HCHO) Aktivite: Dayanıklılık sporularının Antrenman kampı (Yarış yürüyüşçüleri) -Süre: 3 Hafta -Sıklık: RE -Yoğunluk: RE</p> <p>EG 2 (PCHO veya LCHF) Aktivite: Dayanıklılık sporularının Antrenman kampı (Yarış yürüyüşçüleri) -Süre: 3 Hafta -Sıklık: RE -Yoğunluk: RE</p>	-Aerobik kapasite ↑	RE	<p>-α çeşitliliği ↔</p> <p>EG 1 (HCHO) -Firmicutes (Clostridiaceae, Lachnospiraceae, Clostridiaceae, Ruminococcaceae) ↑</p> <p>EG 2 (PCHO veya LCHF) -Verrucomicrobia (Akkermansia muciniphila), ↑ -Proteobacteria (Bilophila, Succinivibrio, Odoribacter) ↓ -Actinobacteria (<i>Bifidobacterium</i>, ↓ -Firmicutes (Veillonella, Streptococcus, Faecalibacterium, Lachnospiraceae) ↓</p>

Moreno-Perez ve ark. (2018)	<p>Örneklem (n; cinsiyet): n=24; 24E</p> <p>Dağılım: -EG 1 (Protein): n=12 -KG (CHO): n=12</p> <p>Yaş (Ort±Ss): 18-45; RE</p> <p>-EG 1 (Protein): 34.90 ± 9.49 -KG (CHO): 35.38 ± 9.00</p>	<p>EG 1 (Protein) -Aktivite: Düzenli dayanıklılık antrenmanı -Süre: 10 Hafta -Sıklık: Hafta 4 kez -Yoğunluk: RE -Diyet alımı: -Bir peynir altı suyu izolatu (10 g) ve sığır hidrolizatu (10 g) karışımı verildi. -Takviyeler, antrenman günlerinde antrenmandan sonra günde bir kez veya antrenman yapılmayan günlerde kahvaltıdan önce 10 hafta boyunca tüketildi.</p> <p>KG (CHO) -Aktivite: Düzenli dayanıklılık antrenmanı -Süre: 10 Hafta -Sıklık: Hafta 4 kez -Yoğunluk: RE -Diyet alımı: -Maltodekstrin verildi. -Takviye, antrenman günlerinde antrenmandan sonra günde bir kez veya antrenman yapılmayan günlerde kahvaltıdan önce 10 hafta boyunca tüketildi.</p>	RE	<p>EG 1 (Protein) -Protein ↔ -Karbonhidrat ↔ -Yağ ↔ -Enerji alımı ↔</p> <p>-Beslenme alışkanlığı ↔</p> <p>KG (CHO) -Protein ↔ -Karbonhidrat ↔ -Yağ ↔ -Enerji alımı ↔</p> <p>-Beslenme alışkanlığı ↔</p>	<p>-SFCA (Asetik asit, propiyonik asit, bütirik asit, izobütirik asit, valerik asit ve izovalerik asit) ↔ -a çeşitliliği ↔</p> <p>EG 1 (Protein) -Synergistetes (Lachnospiraceae, Roseburia, Blautia, Coprococcus) ↓ -Actinobacteria (B. longum, B. Wadsworthia) ↓ -Firmicutes (F. Prausnitzii, R. Hominis) ↔</p> <p><i>KG (CHO) 'na göre karşılaştırıldığında;</i> -Bacteroidetes (Bacteroides) ↑ -Firmicutes ↓ -Proteobacteria (Citrobacter) ↓</p> <p>KG (CHO) -Firmicutes (F. Prausnitzii, R. hominis) ↔ -Bacteroidetes ↔ -Actinobacteria (B. longum) ↔ -Proteobacteria ↔</p>
Axelrod ve ark. (2018)	<p>Örneklem (n; cinsiyet): n=7/9; 2K, 5E</p> <p>Dağılım: -EG 1 (Probiotik-UCC118): n=4/5 -EG2 (Plasebo): n=3/4</p> <p>Yaş (Ort ± Ss): 18-45; 31 ± 2.3</p>	<p>EG1 (Probiotik-UCC118) Aktivite: Dayanıklılık antrenmanı -Süre: 4 Hafta -Sıklık: RE -Yoğunluk: % 60 VO₂ max'da 2 saat sürekli aerobik egzersiz yapıldı. -Diyet alımı: % 60 VO₂ max'da çalışan sürekli koşu bandında 20 dakika koştuktan sonra, denekler 5 gram L-ramnoz, sukroz ve laktuloz aldı. -4 Haftalık günlük probiyotik takviyesi (Lactobacillus salivarius-UCC118) aldı. <i>*Test aşamaları arasında 4 haftalık bir takviye arınma dönemi vardı</i></p> <p>EG2 (Plasebo): Aktivite: Dayanıklılık antrenmanı -Süre: 4 Hafta -Sıklık: RE -Yoğunluk: % 60 VO₂ max'da sürekli koşu yapıldı. -Diyet alımı: % 60 VO₂ max'da çalışan sürekli koşu bandında 20 dakika koştuktan sonra, denekler 5 gram L-ramnoz, sukroz ve laktuloz aldı. -4 Haftalık günlük plasebo takviyesi (magnezyum stearatlı mısır nişastası) aldı. <i>*Test aşamaları arasında 4 haftalık bir takviye arınma dönemi vardı</i></p>	RE	RE	<p>EG1 (Probiotik-UCC118) -Verrucomicrobia ↓ -Sakarozun aşırı geçirgenliği ↓ -Zonülin ↔</p>
Barton ve ark. (2018)	<p>Örneklem (n; cinsiyet): n=86; RE</p> <p>Dağılım: -EG 1 (Rugby): n=40 -KG: n=43</p> <p>Yaş (Ort ± Ss): 28-30, 29 ± 4</p> <p>-EG 1 (Rugby): 28.8 ± 3.8 -KG1: 28.1 ± 5.1 -KG2: 30.8 ± 5.6</p>	<p>EG1 Aktivite: Profesyonel Rugby -Süre: 2 yıldır yarışmaya katılmışlardır. -Sıklık: Haftada en az 6 saat -Yoğunluk: RE</p>	RE	<p>EG 1 (Rugby) -Diyet bileşenleri ↑ (Karbonhidrat, yağ, lif vs.) -Kan serumu ↑ (Glukoz, CK vs.)</p>	<p>-Verrucomicrobia (Akkermansia) ↑ -Izobütirat ve izovalerit ↔ -SFCA ↑</p>

<p>Zhao ve ark. (2018)</p>	<p>Örneklem (n; cinsiyet): n=20; 4K, 16E Yaş (Ort ± Ss): 30 (23-54), 31.3 ± 6.1</p>	<p>Aktivite: Yarı maraton koşusu -Süre: 92-160 dakika (Sporcuların ortalama antrenman süresi 18.1 aydır) -Sıklık: RE -Yoğunluk: RE</p>	<p>RE</p>	<p>RE</p>	<p>- α çeşitliliği ↔ -Firmicutes (Pseudobutyrvibrio ↑ -Actinobacteria (<i>Collinsella</i>, <i>Coriobacteriaceae</i>) ↑ -Bacteroidetes (<i>Mitsuokella</i>) ↑</p>
<p>Petersen ve ark. (2017)</p>	<p>Örneklem (n; cinsiyet): 33; 11K, 22E Yaş (Ort ± Ss): 33 (19-49), RE</p>	<p>EG1 (Profesyonel) Aktivite: Profesyonel bisiklet -Süre: 2 yıldır yarışmaya katılıyorlardı. -Sıklık: Haftada en az 6 saat -Yoğunluk: RE EG1 (CAT1-1. Lig) Aktivite: 1. Lig bisiklet -Süre: 2 yıldır yarışmaya katılıyorlardı. -Sıklık: Haftada en az 6 saat -Yoğunluk: RE</p>	<p>RE</p>	<p>RE</p>	<p>-Bacteroidetes (<i>Prevotella</i>) ↑ -Firmicutes ↑ -Methanobacteriales (<i>Methanobrevibacter</i>) ↑ -Methanobacteriales (<i>M. smithii</i>) (<i>CAT1'e göre</i>) ↑</p>
<p>Roberts ve ark. (2016)</p>	<p>Örneklem (n; cinsiyet): 30; 5K, 25E Dağılım: -EG 1 (LAB' ANTI): n=10; 3K, 7E -EG 2 (LAB'): n=10; 1K, 9E -EG 3 (PL-Plasebo): n=10; 1K, 9E Yaş (Ort ± Ss): 35 ± 1 -EG 1 (LAB' ANTI): 33±2 -EG 2 (LAB'): 35 ± 2 -EG 3 (PL-Plasebo): 35±3</p>	<p>Tüm Gruplarda -Aktivite: Dokuz aylık bir aşamalı egzersiz programının (rekreasyonel aktiviteler) son 12 haftasını (yüzme, bisiklet ve koşu disiplinlerinin yanı sıra fonksiyonel egzersize odaklanan bir triatlon egzersiz programı) ve 3,8 km deniz yüzme, 180,0 km içeren uzun mesafe triatlon (Barcelona Challenge Triathlon) yarışmasını kapsamaktadır. -Süre: 12 Hafta -Sıklık: RE -Yoğunluk: Egzersiz, toplam egzersiz hacmi setinin minimum % 80'ine ulaşma gereksinimi ile günlük aktiviteler etrafında esnek olacak şekilde tasarlanmıştır. EG 1 (LAB' ANTI) -Diyet alımı: -Kapsüllü (hidroksipropil metilselüloz) çok kanallı pro / prebiyotik / antioksidan verilmiştir. -Katılımcılar gıda ile akşam günde tek MULTISTRAIN pro / prebiyotik kapsülü tüketmek için talimat verilmiştir. -Katılımcılar ek olarak sabahları kahvaltıda iki kapsül tüketmişlerdir. EG 2 (LAB') -Diyet alımı: -Eşleştirilmiş pro / prebiyotik verilmiştir. -Katılımcılar gıda ile akşam günde tek MULTISTRAIN pro / prebiyotik kapsülü tüketmek için talimat verilmiştir. -Kahvaltıyla birlikte ek olarak eşleşen mısır unu plasebo kapsüllerini tüketmeleri talimatı verilmiştir. EG 3 (PL-Plasebo) -Diyet alımı: -Katılımcılara akşamları 200 mg mısır unu içeren yiyeceklerle birlikte günde bir plasebo kapsülü tüketmeleri talimatı verilmiştir. -Kahvaltıyla birlikte ek olarak eşleşen mısır unu plasebo kapsüllerini tüketmeleri talimatı verilmiştir.</p>	<p>RE</p>	<p>Tüm Gruplarda -Enerji ↔ -Karbonhidrat ↔ -Yağ ↔ -Protein ↔</p>	<p>-Bağırsak geçirgenliği ↑ (Tüm gruplarda) EG 1 (LAB' ANTI) -IgG endotoksin-çekirdek antikor değerlendirilmesi ↓ -IgG endotoksin çekirdek antikor konsantrasyonu (IgG anti-EU) ↔ -Bağırsak mikrobiyota sorunları ↔ EG 2 (LAB') -IgG endotoksin-çekirdek antikor değerlendirilmesi ↓ -IgG endotoksin çekirdek antikor konsantrasyonu (IgG anti-EU) ↔ -Bağırsak mikrobiyota sorunları ↔ EG 3 (PL-Plasebo) -IgG endotoksin-çekirdek antikor değerlendirilmesi ↔ -IgG endotoksin çekirdek antikor konsantrasyonu (IgG anti-EU) ↔ -Bağırsak mikrobiyota sorunları ↔</p>

Clarke ve ark. (2014)	<p>Örneklem (n; cinsiyet): 86; RE</p> <p>Dağılım: -EG 1 (Rugby): n=40 -KG: n=43 -KG1-Düşük BMI: n=20 -KG2 Yüksek BMI: n=23</p> <p>Yaş (Ort ± Ss): 29 ± 4</p> <p>-EG 1 (Rugby): 28.8 ± 3.8 -KG1: 28.1 ± 5.1 -KG2: 30.8 ± 5.6</p>	<p>EG Aktivite: Profesyonel Rugby -Süre: 2 yıldır yarışmaya katılıyorlardı. -Sıklık: Haftada en az 6 saat -Yoğunluk: RE</p> <p>KG -RE</p>	-CK (EG1) ↑	RE	<p>EG1 -α çeşitliliği ↑</p> <p>EG1 (KG1 ile karşılaştırıldığında) -Firmicutes (Lactobacillaceae, Lactobacillus) ↑ -Bacteroidetes (Bacteroides) ↑</p> <p>EG1 (KG2 ile karşılaştırıldığında) -Verrucomicrobia (Akkermansiaceae, Akkermansia) ↑</p>
-----------------------	--	---	-------------	----	---

***Kısaltmalar:** n, Kişi sayısı. RE, Rapor edilmedi. EG, Egzersiz grubu. KG, Kontrol grubu. K, Kadın. E, Erkek. CK, Creatine Kinase. SFCA: Short Chain Fatty Acids (Kısa zincirli yağ asidi). VO₂ max: Maksimum oksijen tüketimi. IgG, Immunoglobulin G, İmmüoglobülin G. BMI, Body Mass Index-Vücut Kütle İndeksi. MET, Metabolic Equivalent of Task, Metabolik eşdeğeri. Ort, Ortalama. Ss, Standart sapma. Vs, Vesaire. ↑, anlamlı ilişki var (pozitif yönde). ↔, önemli bir gelişme yok. ↓, anlamlı bir ilişki var (negatif yönde)

Che-Li ve ark. (2020), düzenli egzersiz programını *Bifidobacterium longum subsp. Longum* (OLP-01) ile birleştirerek çift kör, plasebo kontrollü bir deney olarak tasarlamışlardır. OLP-01 ile beş haftalık takviyeden sonra *Actinobacteria* ve *Firmicutes* popülasyonları OLP-01 grubunda plasebo grubuna göre daha bol olduğu, *Proteobacteria* ise OLP-01 grubunda plasebo grubuna göre daha az bol olduğu tespit edilmiştir. OLP-01 ile beş haftalık takviyeden sonra *Bifidobacterium*, OLP-01 grubunda plasebo grubuna göre önemli ölçüde daha zengin olduğu tespit edilirken özellikle *Lactobacillus* sayısı, OLP-01 ile takviye edildikten sonra dokuz kat artmıştır (30).

Kaohane ve ark. (2019), uzun süreli yüksek yoğunluklu kürek çekme yarışına katılan dört erkek sporcunun bağırsak mikrobiyom çeşitliliğini araştırmışlardır. Yarış ortası numunesi alınmadan önce oral antibiyotik tedavisine ihtiyaç duyan 3. sporcu dışındaki tüm sporcularda alfa çeşitliliğinde artışlar görülmüştür. 3. sporcunun çeşitliliğinin yarışın tamamlanmasından 3 ay sonra yarış öncesi seviyelere geri döndüğü görülmüştür. *Dorea longicatena*, *Roseburia hominis* ve *Subdoligranulum* cinsinin sınıflandırılmamış üyeleri, yarış boyunca dört sporcunun tümünde artarken, *Bacteroides finegoldii* azaldığı tespit edilmiştir (31).

Jang ve ark. (2019) sağlıklı sedanterler, vücut geliştiriciler ve uzun mesafe koşucularının bağırsak mikrobiyom çeşitliliğini araştırmışlardır. Vücut geliştiricilerde *Faecalibacterium*, *Sutterella*, *Clostridium*, *Haemophilus* ve *Eisenbergiella* en yüksek iken, vücut geli-

tiricilerde *Bifidobacterium* ve *Parasutterella* en düşük olduğu tespit edilmiştir. Tür düzeyinde, probiyotik olarak yaygın olarak kullanılan intestinal faydalı bakteriler (*Bifidobacterium adolescentis*, *Bifidobacterium longum*, *Lactobacillus sakei*) ve kısa zincirli yağ asitleri üreten bakteriler (*Blautia wexlerae*, *Eubacterium hallii*) vücut geliştiricilerde en düşük, kontrollerde ise en yüksek olduğu gözlenmiştir. Uzun mesafe koşucuları için, protein alımı ile bağırsak mikrobiyota çeşitlilik indeksleri arasında negatif bir korelasyon bulunmuştur (32).

Liang ve ark. (2019), farklı seviyelerde yarışan dövüş sanatları antrenmanı yapan üst düzey ve alt düzey sporcuların bağırsak mikrobiyom çeşitliliğini incelemişlerdir. Bağırsak mikrobiyal çeşitliliği daha yüksek seviyeli sporcularda, daha düşük seviyeli sporculara göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca *Parabacteroides*, *Phascolarctobacterium*, *Oscillibacter* ve *Bilophila* cinsleri üst düzey sporcularda zenginleşirken, *Megasphaera* alt düzey sporcularda bol miktarda bulunduğu tespit edilmiştir (33).

Murtaza ve ark. (2019) yapmış oldukları çalışmaya, Uluslararası Atletizm Federasyonları Birliği (IAAF) standartlarını karşılayan sporcuları araştırmaya dâhil etmişlerdir. Başlangıçtaki mikrobiyota profilleri, farklı "enterotiplere" ayrılabilirliği ifade edilmiştir. *Bacteroides* entero tipi olan sporcularda *Bifidobacterium* önemli ölçüde azalmış ve *Sutterella* artarken *Prevotella* entetotipli sporcularda *Clostridiales*'in sınıflandırılmamış düzeyleri önemli ölçüde artmıştır. Ketojenik Dü-

şük Karbonhidrat Yüksek Yağlı diyeti daha fazla *Bacteroides* ve *Dorea* bolluğu ve *Faecalibacterium*'da bir azalma ile sonuçlanmıştır (34).

Moreno-Perez ve ark. (2018) uygulanan egzersiz programından önce ve sonra, topluluk ve alfa çeşitlilik için grup içinde ve gruplar arasında fark bulunamamıştır. EG1(PRO) grubunda ise *Synergistetes* filumunun, *Synergistales* düzeninin ve *Synergistia* sınıfının göreceli bolluğunda önemli bir azalma gözlenmiştir. Filum düzeyinde, KG(CHO) grubuyla karşılaştırıldığında, EG1(PRO) grubundaki sporcuların daha yüksek miktarda *Bacteroidetes* filumu ve daha düşük bir *Firmicutes* filuma sahip olduğu tespit edilmiştir (35).

Axelrod ve ark. (2018) yapmış oldukları çalışmada, karakterize edilmiş bir probiyotik suşu olan UCC118'in sağlıklı insanlarda egzersize bağlı bağırsak geçirgenliği üzerindeki etkinliğini değerlendirmişlerdir. Randomize, çift kör, plasebo kontrollü çapraz geçişli olan çalışmada, yedi sağlıklı yetişkin 4 haftalık günlük UCC118 veya plasebo takviyesi almıştır. Dışkı homojenatlarının shotgun metagenomik dizilimi, altı taksonomik sınıflandırmayı kapsayan 99 farklı düzenlenmiş mikroorganizmayı ortaya çıkarmıştır. Filum *Verrucomicrobia*'da ise önemli bir azalma görülmüştür (36).

Barton ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada, uluslararası profesyonel rugby birliği oyuncularının bağırsak mikrobiyotaları, fonksiyonel düzeyde hem düşük BMI hem de yüksek BMI kontrol gruplarından önemli ölçüde daha farklı olduğunu tespit etmişlerdir. Sporcu grubun, 34 metabolik kategorinin 29'unda en yüksek ortalama bolluğa sahip olduğu görülmüştür (21).

Zhao ve ark. (2018), amatör yarı maraton koşucularında yarı maraton yarışını bitirdikten sonra toplam 40 dışkı metabolitinin önemli ölçüde değiştiğini tespit etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada; alfa çeşitlilik analizine göre, yarı maraton yarışını bitirdikten sonra çeşitlilikte önemli bir farklılık ortaya çıkmadığı gözlenmiştir. Yarışma sonrası grubunda 20 bakteri sınıfının zenginleştiğini, yarışma öncesi grubunda ise 7 taksonun daha bol olduğu gözlenmiştir (37).

Petersen ve ark. (2017), hem profesyonel hem de amatör düzeydeki 33 bisikletçinin bağırsak mikrobiyomlarını analiz etmişlerdir. Sporcuların bağırsak mikrobiyotasında; yüksek *Prevotella*, *Bacteroides*, *Eubacterium*, *Ruminococcus* ve *Akkermansia* dahil olmak üzere birçok cinsin karışımı ile karakterize edilen üç

taksonomik kümeye ayrıldığını göstermişlerdir. Taksonomik küme ile profesyonel veya amatör düzeyde bisikletçi olma arasında önemli bir korelasyon bulunmadığı tespit edilirken, *Prevotella* cinsinin yüksek bolluğu ortalama bir hafta boyunca bildirilen egzersiz süresi ile önemli ölçüde korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir (25).

Roberts ve ark. (2016) rekreasyonel aktivitelerin yanı sıra fonksiyonel programa odaklanan bir triatlon programına katılan toplam 30 sporcuyla 3 farklı gruba ayırmışlardır. Endotoksin birim seviyelerinin, başlangıçta gruplar arasında önemli ölçüde farklı olmadığı tespit edilirken; 12 haftalık LAB⁴_{ANTI} müdahalesinin kullanılması hem triatlon yarışı öncesi hem de yarıştan altı gün sonra endotoksin birimlerini önemli ölçüde azalttığını bulmuşlardır. Gastrointestinal geçirgenliği genel olarak tüm gruplarda başlangıç seviyesinden yarış sonrası altı güne kadar artarken, gruplar arasında anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir (38).

Clarke ve ark. (2014), uluslararası bir rugby takımından profesyonel sporcuları çalışmaya dâhil etmişlerdir. Seçkin sporcularda yüksek BKİ kontrol grubuna kıyasla *Akkermansia* ve *Akkermansia* oranlarının anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (23).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu sistematik derleme, egzersizin sporcuların bağırsak mikrobiyotası ve onu şekillendiren faktörler üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Yapılan sistematik derleme sonucunda sporcuların kronik egzersiz programlarına katılımının fiziksel uygunluk seviyelerini ve beslenme alışkanlıkları üzerindeki olumlu etkilerini artırırken bağırsak mikrobiyotasına modüle edebileceğini göstermektedir.

İncelenen 3 veri tabanında (Pubmed, Web of Science ve EBSCOhost) toplam 923 çalışma bulunmuş; 895 tanesi başlık ve özet okunduktan sonra dışlanma kriterleri göz önünde bulundurularak çıkarılmış ve toplam 14 çalışma dâhil edilmiştir (Bkz. Şekil 1.). Bunlardan 9 tanesi profesyonel sporcuların (yüzme, kürek, orta-uzun mesafe koşusu, dövüş sanatları, rugby, yarı maraton koşusu, bisiklet, triatlon yarışmalarında aktif sporcu) katılımı ile; diğer 5 çalışma ise direnç ve dayanıklılık sporcuları ile gerçekleştirilmiştir (bkz. Tablo

1.). Tüm çalışmalar 2014-2020 yılları arasında yayınlanmıştır.

Bu araştırmada incelenen çalışmaların örneklem büyüklüğü 4-86 katılımcı arasında değişmektedir. Örneklemin sadece 7'si hem kadınları hem de erkekleri içerirken; 3 çalışmada katılımcıların cinsiyetleri belirtilmemiştir. Katılımcıların yaşları ise 20-49 arasında değişmektedir. Araştırmaya dahil edilen çalışmalardan sadece yedisi fiziksel uygunluk sonuçlarını (vücut kompozisyonu, VO₂max-aerobik kapasite durumları) rapor etmiştir. Bu çalışmalardan altısında diyet, gıda kaydı veya diyetisyen kontrolü altında incelenmiştir. Ayrıca dahil edilen çalışmaların dördü egzersiz+probiyotik çalışma tasarımıyla oluşmaktadır.

Beslenme ve probiyotik alımına ilişkin yönergeleri optimize etmek için; egzersiz prosedürlerindeki farklılıklar, beslenme ve kültürel farklılıklar ile bireysel probiyotik kullanım türleri arasındaki farklılıklara dayanan deneysel bir tasarımla incelenmesi gerekli olduğu ortaya çıkmıştır (29). Bazı probiyotik takviyelerinin sporcuların bağırsak geçirgenliğini artırdığını, bu durumun probiyotik takviyesinin, sağlıklı yetişkinlerde egzersize bağlı aşırı bağırsak geçirgenliğini azalttığı ilkesini de kanıtlamıştır (36). Probiyotiklerin egzersiz performansını iyileştirme üzerindeki etkisinin, takviye edilen tür, cins, dozaj ve süre ile ilişkili olması muhtemeldir. Gelecekteki araştırmalar, kombine pro/prebiyotik/antioksidan stratejilerinin kontrollü ortamlarda, özellikle bağırsak geçirgenliği ile ilgili sorunlara daha duyarlı sporcularda doğrudan performansa faydaları sağlayıp sağlamadığına odaklanmalıdır.

Egzersizin sporcularda, alfa çeşitliliği ve bağırsak geçirgenliği ile pozitif olarak ilişkili olduğu gösterilmiştir. Ayrıca yapılan egzersiz türlerinin (çok kısa süreli veya orta/uzun süreli) aynı filuma ait farklı türler üzerinde farklı etkilere sahip olduğu görülmüştür. Araştırmamıza dâhil ettiğimiz bir çalışmada üst düzey sporcuların, alt düzey sporculara göre önemli ölçüde daha yüksek bağırsak mikrobiyal çeşitliliğine ve zenginliğine (alfa çeşitlilik indeksi) sahip olduğu bulunmuştur (33). Bu çalışmadan önce Petersen ve ark. (2013), hem profesyonel hem de amatör bisikletçilerin bağırsak mikrobiyotasının özelliklerini bildirmiştir. Elde ettikleri sonuçlar, profesyonel sporcuların çoğunun mikrobiyal çeşitliliğinin amatör sporcularından daha yüksek olduğu ve bu çalışmanın sonuç-

larıyla tutarlı olduğunu göstermiştir (25). Tüm bu sonuçlar, mikrobiyal çeşitliliğin profesyonel sporcuların rekabetçi seviyeleriyle pozitif bir şekilde ilişkilendirilebileceğine dair doğrudan kanıt sağlamaktadır.

Liang ve ark. (2019)'nın çalışmasında, üst düzey sporcular alt düzey sporculara göre daha ağır bir egzersiz yüküne sahiptir ve *Parabacteroides* cinsinin bolluğunun dövüş sanatları sporcularında egzersiz yükü ile pozitif korelasyon göstermiştir. Bu nedenle, egzersiz türünün mikrobiyal bolluğu etkileyebileceği ve *Parabacteroides* cinsinin bolluğu dövüş sanatları sporcularının fiziksel aktivite düzeyleri ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (39,40).

Yüksek yağlı diyetler bağırsağa safra asidi salgılanmasını artırma eğiliminde olduğu ve hayvan bazlı proteinler ve yağların *Bacteroides spp.*'in bu konak salgılarına karşı dirençleriyle tanıdığı bilinmektedir (41). Bir sporcunun dışkı enterotipinin kısa süreli diyet değişikliğine karşı, *Bacteroides spp.*'nin nispi bolluğunda dikkate değer bir artış gözlenmiştir. *Bacteroides* ve *Prevotella*'nın temsili olarak, elit dayanıklılık sporcularının dışkı mikrobiyota profillerinin, sağlıklı bireyler ve diğer elit dayanıklılık sporcuları için bildirilenlerle büyük benzerlikler taşıdığını ilk kez tespit etmişlerdir. Bu enterotipler, diyetteki kısa vadeli değişikliklere yanıt olarak nispeten kararlı görünürken ve çalışma için nispeten az sayıda denek olmasına rağmen, ketojenik düşük karbonhidrat, yüksek yağlı diyetin, bazı önemli bakterilerin göreceli bolluklarında önemli değişikliklere neden olduğunu tespit etmişlerdir (34). Bu bulgular sonucunda, diyet-mikrobiyom etkileşimlerinin daha iyi anlaşılabilmesi, sporcu egzersiz programlarını ve performansını optimize etmek için nasıl yönetilebileceğini inceleyen daha detaylı çalışmalara ihtiyacın olduğu ortaya çıkmaktadır.

Zhao ve ark. (2018) yapmış oldukları çalışmada yarı maraton yarışı sonrası bağırsak ortamında toplam 40 dışkı metabolitinin (19 metabolit azaldı ve 21 metabolit arttı) önemli ölçüde değiştiğini belirtmişlerdir. Bu bulguya dayanarak, koşmak potansiyel olarak bağırsak mikrobiyotaya çeşitliliğini arttırabilmektedir. Ek olarak, bu çalışmada diyet alımı ile bağırsak mikrobiyotası arasında önemli bir ilişki de bulunmuştur. Bu bulgu, egzersizin bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkisinin diyet ile ilişkili olduğunu gösteren çalışma sonuçları ile paraleldir (23).

Fiziksel aktivite daha önce daha yüksek mikrobiyal çeşitlilik ve bağırsaktaki Firmicutes filumunun üyelerindeki artışla ilişkilendirilirken, mikrobiyal çeşitliliğin kısa bir süre içinde yüzücülerde azaldığı görülmektedir (13,22,23). Spesifik olarak egzersizde, bağırsak mikrobiyotasının egzersiz hacmindeki değişikliklerden kolayca etkilendiği görülmektedir. Egzersiz hacmindeki azalma, Firmicutes ile ilişkili taksonların kaybıyla ilişkilendirilmiştir. Kısa bir süre içinde egzersiz hacmindeki bir azalmanın, mikrobiyal topluluk kompozisyonundaki değişikliklerle, özellikle de yüzücülerde bağırsak mikrobiyal çeşitliliklerinde bir azalma olduğu görülmektedir (28). Bu bulguya dayanarak, egzersiz hacmindeki değişikliğin ardından bağırsak mikrobiyomlarının zamansal dinamikleri hakkında fikir verebilirken, bağırsak mikrobiyomunun enerji dengesini nasıl etkileyeceği ve bağırsak mikrobiyotasının sporcu performansını değiştirip değiştirmeyeceği henüz bilinmemektedir. Bu bulgular göz önüne alındığında araştırma sonuçlarının tüm sporcular için ortak olmayabileceği görülmektedir. Bu nedenle, egzersiz hacim yoğunluğunun bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için farklı spor branşlarındaki sporcuları kapsayan ve farklı şiddet, süre, kapsam ve sıklıktaki egzersiz protokolü çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Egzersiz ve diyet kombinasyonunun bağırsak mikrobiyal çeşitliliği üzerinde etkili olduğu ifade edilmektedir. Özellikle, mikrobiyotanın artan çeşitliliği, sporcu grubundaki egzersiz ve protein tüketimi ile ilişkili olduğu da söylenebilir. Sporcu bağırsak mikrobiyotasının çeşitliliği, BMI, yaş ve cinsiyet açısından eşleşen diğer iki kontrol grubundan önemli ölçüde daha yüksek olduğu görülmüştür (23). Bir başka çalışmada ise, uzun süreler boyunca belirli egzersiz programlarına ve diyet rejimlerine uyum sağlamış olan sporcuların, düzenli egzersiz programına katılmayan kontrollerde bulunan yüksek bağırsak mikrobiyota çeşitliliğine sahip olmadığı görülmüştür. Orta-uzun mesafe koşucularının düşük karbohidrat ve diyet lifi alımı durumunda, protein alımı arttıkça bağırsak mikrobiyota çeşitliliği azalma eğilimi göstermiştir (32). Bu bulgular göz önüne alındığında çelişkili sonuçların ortaya çıkma nedenleri arasında sporcuların beslenme durumları ve egzersiz türlerindeki farklılıklarından kaynaklanabileceği muhtemeldir.

Antibiyotik kullanımının insan vücudunda zararlı etkilere neden olabileceği bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada, yarış sırasında selülit için oral antibiyotiklere ihtiyaç duyan sporcunun, yarışma sonrasında alfa çeşitliliğinde azalma görülmüştür (31). Mikrobiyal çeşitlilikteki bu çöküş, antibiyotiklerin bağırsak bakteri topluluğu üzerinde zararlı etkiler yarattığının kanıtıdır (42).

Sporcuların bağırsak mikrobiyal topluluklarının nasıl yapılandırıldığını etkileyen birçok faktör olabilir; egzersiz türü, egzersiz miktarı, egzersiz süresi, diyet (sporcu besin takviyeleri, probiyotikler vs.), antibiyotikler, sporcuların cinsiyeti ve yaşı, konakçı bağışıklığı, konakçı metabolizması, safra asidi salgısı ve geçiş süresi dâhil insan bağırsağının fizyolojik yönleri. Bu faktörler, sporcuların bağırsak mikrobiyotasının bileşimini ve metabolik kapasitesini olumlu veya olumsuz yönde değiştirebilir. Bağırsak mikrobiyota bileşimi, antrenman adaptasyonunu ve sporcu performansını etkileyebilmektedir. Aslında, egzersizi sürdürmek için besinlerin, hormonların ve vitaminlerin verilmesi önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, spesifik bağırsak bakteri türleri, antioksidan biyoaktif moleküller, SCFA'lar gibi metabolik, bağışıklık ve bariyer işlevini ve anti-enflamatuvar ve antioksidan sistemik etkileri iyileştirmeye yardımcı olabilecek yararlı metabolitler üreterek sporculara yardımcı olabilmektedir. Genel olarak, sağlıklı bağırsak mikrobiyotası, sporcuların genel sağlığını olumlu yönde etkilemekte ve antrenman adaptasyonları ve performansları üzerinde faydalı sonuçlar gözlenmesine yardımcı olmaktadır.

Egzersiz ve diyet-mikrobiyom paradigmasının bileşenleri hakkında daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Hem sporcular hem de genel popülasyon için mikrobiyota işlevselliğini optimize etme bağlamında diyet tasarımı da dahil olmak üzere egzersiz ve antrenman programlarının tasarımı da bilgilendirilmelidir. Ayrıca, sporcuların bağırsak mikrobiyotaları ile fiziksel uygunlukları arasındaki ilişkiyi belirlemek için daha birçok randomize kontrollü çalışmaya ihtiyaç vardır.

Çıkar çatışması ve finansman bildirimi

Yazarlar bildirecek bir çıkar çatışmaları olmadığını beyan eder. Yazarlar bu çalışma için hiçbir finansal destek almadıklarını da beyan eder.

KAYNAKLAR

1. Tremaroli V, Backhed F. Functional interactions between the gut microbiota and host metabolism. *Nature*. 2012;489:242–9.
2. Nicholson JK, Holmes E, Kinross J, et al. Host-gut microbiota metabolic interactions. *Science*. 2012;336:1262–7.
3. Jandhyala SM, Talukdar R, Subramanyam C, Vuyyuru H, Sasikala M, Reddy DN. Role of the normal gut microbiota. *World J Gastroenterol*. 2015;21(29):8787–803.
4. Koliada A, Syzenko G, Moseiko V, et al. Association between body mass index and Firmicutes? Bacteroidetes ratio in an adult Ukrainian population. *BMC microbiology*. 2017;17(1):120.
5. Strandwitz P. Neurotransmitter modulation by the gut microbiota. *Brain Res*. 2018;1693:128–33.
6. Dinan TG, Cryan JF. Gut instincts: microbiota as a key regulator of brain development, ageing and neurodegeneration. *J. Physiol*. 2017;595(2):489–503.
7. Huang WC, Chen YH, Chuang HL, Chiu CC, Huang CC. Investigation of the effects of microbiota on exercise physiological adaptation, performance, and energy utilization using a gnotobiotic animal model. *Front Microbiol*. 2019;10:1906.
8. Turnbaugh PJ, Ley RE, Hamady M, Fraser-Liggett CM, Knight R, Gordon JI. The human microbiome project. *Nature*. 2007;449:804–10.
9. Dudek-Wicher RK, Junka A, Bartoszewicz M. The influence of antibiotics and dietary components on gut microbiota. *Prz Gastroenterol*. 2018;13(2):85–92.
10. Wampach L, Heintz-Buschart A, Fritz JV, Ramiro-Garcia J, Habier J, Herold M, et al. Birth mode is associated with earliest strain-conferred gut microbiome functions and immunostimulatory potential. *Nat Commun*. 2018;9(1):5091.
11. Schmidt TSB, Raes J, Bork P. The human gut microbiome: from association to modulation. *Cell*. 2018;172(6):1198–215.
12. Rinninella E, Raoul P, Cintoni M, et al. What is the healthy gut microbiota composition? a changing ecosystem across age, environment, diet, and diseases. *Microorganisms*. 2019;7(1):14.
13. Monda V, Villano I, Messina A, et al. Exercise modifies the gut microbiota with positive health effects. *Oxid Med Cell Longev*. 2017;3831972.
14. Oettle GJ. Effect of moderate exercise on bowel habit. *Gut*. 1991;32:941–44.
15. Hagio M, Matsumoto M, Yajima T, Hara H, Ishizuka S. Voluntary wheel running exercise and dietary lactose concomitantly reduce proportion of secondary bile acids in rat feces. *J. Appl. Physiol*. 2010;109(3):663–8.
16. Allen JM, Mailing LJ, Niemi GM, et al. Exercise alters gut microbiota composition and function in lean and obese humans. *Med Sci Sports Exerc*. 2018;50(4):747–57.
17. Cerda B, Perez M, Perez-Santiago JD, Tornero-Aguilera JF, Gonzalez-Soltero R, Larrosa M. Gut microbiota modification: another piece in the puzzle of the benefits of physical exercise in health? *Front Physiol*. 2016;7:51.
18. Frosali S, Pagliari D, Gambassi G, Landolfi R, Pandolfi F, Cianci R. How the Intricate Interaction among Toll-Like Receptors, Microbiota, and Intestinal Immunity Can Influence Gastrointestinal Pathology. *J Immunol Res*. 2015;2015:489821.
19. Vilorio M, Lara-Padilla E, Campos-Rodriguez R, et al. Effect of moderate exercise on IgA levels and lymphocyte count in mouse intestine. *Immunol Invest*. 2011;40(6):640–56.
20. Turnbaugh PJ, Ley RE, Mahowald MA, Magrini V, Mardis ER, Gordon JB. An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. *Nature*. 2006;444(7122):1027–31.
21. Barton W, Penney NC, Cronin O, et al. The microbiome of professional athletes differs from that of more sedentary subjects in composition and particularly at the functional metabolic level. *Gut*. 2018;67(4):625–33.
22. Estaki M, Pither J, Baumeister P, et al. Cardiorespiratory fitness as a predictor of intestinal microbial diversity and distinct metagenomic functions. *Microbiome*. 2016;4(1):42.
23. Clarke SF, Murphy EF, O'Sullivan O, et al. Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. *Gut*. 2014; 63(12):1913–20.
24. Clark A, Mach N. Exercise-induced stress behavior, gut-microbiota-brain axis and diet: a systematic review for athletes. *J Int Soc Sports Nutr*. 2016;13:43.
25. Petersen LM, Bautista EJ, Nguyen H, et al. Community characteristics of the gut microbiomes of competitive cyclists. *Microbiome*. 2017;5(1):98.
26. Mohr AE, Jager R, Carpenter KC, et al. The athletic gut microbiota. *J Int Soc Sports Nutr*. 2020;17(1):24.
27. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000100.
28. Hampton-Marcell JT, Eshoo TW, Cook MD, Gilbert JA, Horswill JA, Poretzky R. Comparative analysis of gut microbiota following changes in training volume among

- swimmers. *Int J Sports Med.* 2020;41:292–99.
29. Joy S, Lae-Guen J, Byung-Yong K, Sunghee L, Hyon P. The effect of athletes' probiotic intake may depend on protein and dietary fiber intake. *Nutrients.* 2020;12:2947.
 30. Che-Li L, Yi-Ju H, Hsieh-Hsun H, et al. *Bifidobacterium longum* subsp. *longum* OLP-01 supplementation during endurance running training improves exercise performance in middle and long-distance runners: a double-blind controlled trial. *Nutrients.* 2020;12:1972.
 31. Keohane DM, Woods T, O'Connor P, et al. Four men in a boat: ultra-endurance exercise alters the gut microbiome. *J Sci Med Sport.* 2019; 22(9):1059–64.
 32. Jang LG, Choi G, Kim SW, Kim BY, Lee S, Park H. The combination of sport and sport-specific diet is associated with characteristics of gut microbiota: an observational study. *J Int Soc Sports Nutr.* 2019;16(1):21.
 33. Liang R, Zhang S, Peng X, et al. Characteristics of the gut microbiota in professional martial arts athletes: A comparison between different competition levels. *PLoS ONE.* 2019;14(12).
 34. Murtaza N, Burke LM, Vlahovich N, et al. The effects of dietary pattern during intensified training on stool microbiota of elite race walkers. *Nutrients.* 2019;11(2):261.
 35. Moreno-Perez D, Bressa C, Bailen M, et al. Effect of a protein supplement on the gut microbiota of endurance athletes: a randomized, controlled, double-blind pilot study. *Nutrients.* 2018;10(3):337.
 36. Axelrod CL, Brennan CJ, Cresci G, et al. UCC118 supplementation reduces exercise-induced gastrointestinal permeability and remodels the gut microbiome in healthy humans. *Physiol Rep.* 2019;7(22):e14276.
 37. Zhao X, Zhang Z, Hu B, Huang W, Yuan C, Zou, L. Response of gut microbiota to metabolite changes induced by endurance exercise. *Front. Microbiol.* 2018;9:765.
 38. Roberts JD, Suckling CA, Peedle GY, Murphy JA, Dawkins TG, Roberts MG. An exploratory investigation of endotoxin levels in novice long distance triathletes, and the effects of a multi-strain probiotic/prebiotic, antioxidant intervention. *Nutrients.* 2016;8:733.
 39. Cronin O, Barton W, Skuse P, et al. A prospective metagenomic and metabolomic analysis of the impact of exercise and/or whey protein supplementation on the gut microbiome of sedentary adults. *mSystems.* 2018;3(3):e00044–18.
 40. Campbell SC, Wisniewski 2nd PJ. Exercise is a novel promoter of intestinal health and microbial diversity. *Exerc Sport Sci Rev.* 2017;45(1):41–7.
 41. David LA, Maurice CF, Carmody RN, et al. Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature.* 2014;505:559–63.
 42. Francino MP. Antibiotics and the human gut microbiome: dysbioses and accumulation of resistances. *Front Microbiol.* 2015;6:1543.