

SPOR BİLİMLERİNDE KURAM VE UYGULAMALI ÇALIŞMALAR

Editörler
Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ
Dr. Aslı ESENKAYA



**SPOR BİLİMLERİNDE
KURAM VE UYGULAMALI
ÇALIŞMALAR**

Editörler

Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ

Dr. Aslı ESENKAYA



Spor Bilimlerinde Kuram ve Uygulamalı Çalışmalar
Editör: Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ, Dr. Aslı ESENKAYA

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek
Kapak ve Sayfa Tasarımı: Duvar Design
Baskı: Ekim 2025
Yayıncı Sertifika No: 49837
ISBN: 978-625-8734-03-4

© Duvar Yayınları
853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir
Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com
duvarkitabevi@gmail.com

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir. Yayınevi ve editörler sorumlu tutulamaz.

İÇİNDEKİLER

1. Bölüm.....1

Turizm ve Rekreasyonda Dijital Lojistik

Neslihan ONUR, Ahmet Alper SAYIN, Kemal KAMACI

2. Bölüm.....27

Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü Öğrencilerinin Bireysel

Yaratıcılık Düzeylerinin İncelenmesi

Dilek YALIZ SOLMAZ

3. Bölüm.....38

Genç Yetişkin Erkek Bireylerin Egzersiz Bağımlılığı Düzeyleri

İlkay ÇALIŞKAN, Gülsün GÜVEN, Dilek YALIZ SOLMAZ

4. Bölüm.....52

Fonksiyonel Hareketin Anatomik Temelleri: Fasya ve Kinetik Zincirler

Çağrı ÇELENK, Mustafa Cebel TORUN, Samet TORUN

5. Bölüm.....64

Yorgunluk Monitörizasyonunda Termal Görüntüleme ve Sakatlık Risk Analizi

Samet TORUN, Mustafa Cebel TORUN

6. Bölüm.....77

Apolipoprotein E ve Beslenme

Sibel TETİK DÜNDAR

7. Bölüm.....97

Sporcularda Beslenme Periyotlaması

Sibel TETİK DÜNDAR

8. Bölüm.....116

Fiziksel Uygunluk ve Dayanıklılık İlişkisi

Süleyman GÖNÜLATEŞ

9. Bölüm.....135

Hormonlar ve Hipoksi Etkileşimi

Süleyman GÖNÜLATEŞ

1. Bölüm

Turizm ve Rekreasyonda Dijital Lojistik

Neslihan ONUR¹, Ahmet Alper SAYIN², Kemal KAMACI³

GİRİŞ

Küreselleşme, beraberinde getirdiği teknolojik yeniliklerle birlikte işletmeler için birçok paradigma değişimine yol açmıştır. Bu dönüşümler, yalnızca işletmelerin iş süreçlerini değil, aynı zamanda insan kaynakları yönetimini ve tüketici taleplerini de kapsayacak biçimde geniş bir etki alanı bulmuştur (Karagöz, 2024: 1590). Küreselleşen dünyanın teknolojik alandaki ilerlemeleri sayesinde, özellikle taşımacılık faaliyetlerinde önemli artışlar gözlenmektedir. Artan taleplere teknoloji odaklı lojistik faaliyetlerle hızlı ve etkin bir şekilde cevap verebilmek, günümüz iş dünyasında temel bir ihtiyaç haline gelmiştir (Millet vd., 2023:75).

Lojistik sektörü, üretim ve hizmet sektörleriyle olan yakın ilişkisi nedeniyle teknolojik değişimlere ayak uydurmak zorundadır. Bu bağlamda ortaya çıkan Lojistik 4.0 yaklaşımı, teslimat kalitesi, teslimat güvenirliği, teslimat yeteneği, teslimat esnekliği ve hizmet düzeyi gibi performans kriterlerini optimize etme potansiyeli sunmaktadır. Lojistikte dijitalleşme, belirlenen hedeflerdeki performans kriterlerine ulaşmak için lojistik faaliyetlerindeki bilgi ve malzeme akışının hem ileri hem de tersine lojistik perspektifinden planlanmasını, faaliyete geçirilmesini, kontrol edilmesini ve geri bildirimlerle düzeltilmesini zorunlu kılmaktadır (Yılmaz ve Duman, 2019).

Lojistikte dijital faaliyetler, nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ (AI), büyük veri analizleri ve bulut bilişim gibi çeşitli teknolojik sistemlerin entegre bir şekilde kullanılmasını ifade eder. Bu sistemlerin lojistiğe uygulanması; işgücü ihtiyacını sensörler aracılığıyla algılayabilen ve eyleme geçirebilen, siber

¹ Doktora Öğrencisi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Rekreasyon Yönetimi Anabilim Dalı, Orcid no: 0009-0002-4832-1906. nesli1550@hotmail.com

² Doç.Dr. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Orcid no: 0000-0002-2086-6763. ahmetalpaysayin@kmu.edu.tr

³ Dr.Öğr.Üyesi Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Orcid no: 0000-0003-4234-674X. kemalkamaci@kmu.edu.tr

ağlar aracılığıyla makinelere komutlar verebilen, ihtiyaç duyulan bilgileri büyük veri analizlerinden elde edebilen akıllı, etkin ve birbirine bağlantılı bir lojistik yönetimi anlayışı oluşturmaktadır (Bozkurt, 2022).

Lojistik 4.0 teknolojisinde yapay zekâ kullanımı, lojistik faaliyetlerini daha verimli hale getirerek insan kaynaklı hataların en aza indirilmesine yardımcı olur. Akıllı makineler ve yüksek otomasyon kullanarak lojistik süreçlerin; kontrollü, sürdürülebilir, iş birlikçi, yüksek performanslı, kesintisiz, standardize edilmiş, esnek ve hassas olması amaçlanmıştır (Alım ve Ercan, 2022). Bu faaliyetler aynı zamanda işletmelere çeviklik, hız ve verimlilik sağlamaktadır (Kutlu, 2023).

Lojistikte 4.0 teknolojisinde yapay zekâ kullanımı ile lojistik faaliyetlerini daha verimli, insan kaynaklı hataların oluşmasını en az seviyeye indirmede yardımcı olmaktadır. Lojistik 4.0 faaliyetlerinde akıllı makineler ve yüksek otomasyon kullanarak lojistik süreçleri kontrol edilebilir, sürdürülebilir, iş birlikçi, yüksek performanslı, kesintisiz standardize edilmiş, esnek ve hassas olması amaçlanmıştır (Alım ve Ercan, 2022). Aynı zamanda bu faaliyetler işletmelere çeviklik, hız ve verimlilik sağlar (Kutlu, 2023).

Lojistik süreçlerin dijitalleşmesiyle birlikte stok, taşıma ve yönetim maliyetlerinde önemli azalmalar sağlanabilmektedir. Otonom dağıtım sistemleri, üretim ve depolamada kullanılan akıllı forkliftler, depo yönetim sistemleriyle stok takibi, rota optimizasyonları, robotik otomasyonlar, akıllı konteynerler ve elektronik sözleşme, banka, gümrük, sigorta işlemlerinin dijitalleşmesi gibi yenilikler; işletmelerin karlılığını artırırken, müşteri ilişkileri yönetimi aracılığıyla elektronik ortamdan toplanan geri bildirimlerle müşteri memnuniyetini ve hizmet kalitesini üst düzeye çıkarmaktadır (Adıgüzel, 2019: 76).

Bu genel dijitalleşme trendi, özellikle hizmet odaklı sektörlerde derin etkiler oluşturmaktadır. Turizm sektörü, internet, sanal gerçeklik ve bulut bilişim gibi teknolojik uygulamalar sayesinde insanların ürünlere ilişkin beklentilerini, taleplerini, tercihlerini ve deneyimlerini doğrudan etkilemektedir. Diğer sektörlerde olduğu gibi, turizm ve rekreasyon alanında da yapay zekâ ve robotik teknolojilerin entegre kullanımı; çevreden bilgi toplanmasında, haritalama ve konumlandırmada, karar verme süreçlerinde ve hatta kişiselleştirilmiş hizmet sunumunda önemli başarılar sağlamaktadır (Sayın ve Karaman, 2019; Keser ve diğerleri, 2020: 117-127). Benzer şekilde, teknoloji ve spor arasındaki ilişki de, teknik gelişmelerden (örn. sporcu performansını etkileyen teknolojiler) endüstriyel paydaşlara kadar geniş bir etki alanı oluşturmuştur (Dönmez vd., 2021).

1. DİJİTAL LOJİSTİK VE KAPSAMI

1.1. Dijital Lojistik Tanımı ve Bileşenleri

Lojistik, günümüzde yalnızca yük taşımacılığı olarak değil, çok daha kompleks bir yapı olarak ele alınmaktadır. Taşımacılıkla birlikte depolama, stok yönetimi, talep tahmini, müşteri hizmetleri, malzeme aktarımı, envanter yönetimi ve sipariş alımı gibi pek çok yeni hizmetin eklenmesiyle lojistik kavramının hizmet çeşitliliği önemli ölçüde artmıştır (Baltacı, 2020).

Lojistik sektöründeki bu dönüşüm, özellikle Endüstri 4.0 paradigması ile hız kazanmıştır. Endüstri 4.0, birbirleriyle sürekli iletişim ve etkileşim halinde olan akıllı nesnelerle fiziksel ve sanal dünyayı birleştiren; bulut sistemler, nesnelerin interneti (IoT), siber-fiziksel sistemler, siber güvenlik, büyük veri analitiği ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojilerle bütünleşen bir kavramdır (Baki ve Serdar, 2020). Dijitalleşme ise, tüm iş süreçlerinin izlenmesi ve bilgi birikimlerinin transferi için telefon, bilgisayar, tablet gibi teknolojik ekipmanlar aracılığıyla iş takibinin yapıldığı dijital ortama geçiş sürecini ifade eder (Üzmez ve Büyükbaşa, 2021).

Dijitalleşme, dünyada yaşanan baş döndürücü teknolojik gelişmelerle birlikte hız kazanmış; Endüstri 4.0'ın ardından işletmeler, küresel dünyadaki tüm yeniliklere entegre olma yolunda çaba sarf etmişlerdir. Endüstri 4.0, tüm işletmelerin rutinlerini dönüştürmüş, iletişim teknolojilerinin ve enformasyonun önemini hayati hale getirmiştir. Bu devrim, elde edilen bu kazanımlarla stratejik üstünlük kurulabileceği hususunu ön plana çıkararak, işletmelerin rekabetçi olabilmeleri adına hayati görülmektedir (Karagöz, 2022: 69).

Endüstri 4.0 uygulamalarının benimsenmesiyle şirketler, kazançlarını ve rekabet güçlerini artırmayı hedeflemekte, bu da onları dijital dönüşüme yönlendirmeye zorlamaktadır. Bu durum ekonomik büyümeye katkı sağlamakta ve işletmeleri yeniliğe teşvik etmektedir (Tine ve diğerleri, 2023). Lojistik şirketleri, tedarik zinciri süreçlerine Endüstri 4.0 teknolojilerini entegre ederek dijital dönüşümü başlatmaktadır. Lojistik sektöründeki dijital dönüşüm, müşteri beklentilerini hızlı, verimli ve kaliteli bir şekilde karşılamayı mümkün kılmaktadır. McKinsey'in 2017 yılında yayımladığı rapora göre, lojistikte tedarik zincirinin %43'ü dijitalleşme seviyesinde olup, şirketlerin rekabetçi ortamda önde olmasını sağlayan temel unsurun kesinlikle dijital dönüşüm olduğu belirtilmiştir (McKinsey, 2023).

Lojistik süreçlerin dijitalleşmesi ile stok, taşıma ve yönetim maliyetlerinde önemli azalmalar sağlanmaktadır. Otonom dağıtım sistemleri, üretim ve depolamada kullanılan akıllı forkliftler, depo yönetim sistemleriyle stokların anlık takibi, rota optimizasyonu, robotik otomasyonlar, akıllı konteynerler ve elektronik sözleşme, banka, gümrük, sigorta işlemlerinin dijitalleşmesi; müşteri

ilişkileri yönetiminin elektronik ortamdan merkeze iletilen memnuniyet verileriyle entegrasyonu, işletmenin karlılığını, hizmet kalitesini ve müşteri memnuniyetini doğrudan artırmaktadır (Adıgüzel, 2019: 76).

1.2. Türkiye ve Dünyadaki Dijital Lojistik Araştırmaları

Dünya genelinde lojistik sektöründeki dijital dönüşüm hızla ilerlemektedir. Bu alanda öncü ülkelerden biri olan Çin sanayisi, öngörülü yaklaşımları sayesinde dijital dönüşüme liderlik etmektedir. Ülke, imalat süreçlerinde internet bağlantılarıyla otomasyonu artırmak ve verimliliği yükseltmek amacıyla Endüstriyel Nesnelerin İnterneti'ne (IIoT) ciddi yatırımlar yapmıştır. Çin'in, 2025 yılı ve sonrasında dünya endüstriyel internet bağlantısını yüzde 30'a çıkaracağı tahmin edilmektedir (Sağbaş ve Gülseren, 2019).

Tedarik zinciri ve lojistikte artan dijitalleşmeye bağlı olarak sistemlerin daha karmaşık, birbirine bağlı ve yaygın hale gelmesiyle Almanya'daki şirketlerin durumu da dikkat çekmektedir. Almanya'da yapılan bir çalışmada (Burger ve diğerleri, 2021), 2019 yılı itibarıyla şirketlerin yalnızca %8'inin Endüstri 4.0 sistemlerini işlevsel ve kapsamlı olarak faaliyete geçirebildiği, buna karşın %30'unun henüz dijitalleşme projelerinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu durum, küresel düzeyde dahi dijital dönüşümün tam anlamıyla yaygınlaşmasının zaman alacağını göstermektedir.

Türkiye'deki dijital lojistik araştırmalarına bakıldığında ise, Kalaycı (2023) tarafından yapılan çalışmada SC Lojistik firmasının beş departmanının çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak dijital skorları hesaplanmıştır. Nakliye departmanının dijital skorunun en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ürünlerin zamanında, uygun maliyetle ve hasar görmeden iletilmesinin müşteri memnuniyetini artırarak lojistik firmasının başarısını olumlu yönde etkilediği vurgulanmıştır. Şirketin dijitalleşmede başarılı ve sürdürülebilir olabilmesi için tüm departmanların dijitalleşmesinin gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu durum, lojistik sektöründe dijital dönüşümlerin erken başlatılmasının rekabette üstünlük sağlayacağını, ancak bu entegrasyon sürecinde siber risklere karşı sistemlerin korunmasının önemini de ortaya koymaktadır.

Balcı (2020) tarafından yapılan araştırmada, Türkiye'deki lojistik firmalarının dijitalleşmesi nitel yöntemle incelenmiştir. Araştırma sonucunda, lojistik sektöründe güvende ilerleyebilmek ve başarı elde etmek için dijitalleşmeye yönelmenin ve bilgi teknolojilerine adaptasyonun zorunlu olduğu belirtilmiştir.

Pandemi döneminin lojistik sektörüne etkilerini amaçlayan Uslu ve Tekin (2021) tarafından yapılan literatür araştırması, pandemi kaynaklı e-ticaretin arttığını ve müşterilerin düşük maliyet, temassız ve hızlı teslimata önem

verdiğini ortaya koymuştur. Bu durum, lojistik sektöründe dijitalleşmeye geçişi hızlandırmıştır.

Doç (2020) tarafından 200 farklı şirket üzerinde yapılan bir araştırmada, tedarik zinciri verimliliğinde dijitalleşmenin etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, IoT ve RFID teknolojilerinin kullanımının lojistik ve tedarik zinciri etkinliğinde %20'lik bir artış sağladığı tespit edilmiştir. Bu teknolojilerin uygulanması, izlenebilirlikte ve stok yönetiminde iyileşmeler, müşteri memnuniyetinde artış ve şirket maliyetlerinde düşüş sağlamıştır.

Endüstri 4.0 uygulamalarını lojistik işletmelerine entegre ederek operasyonel verimlilik düzeylerini ulaşım, stok, depo ve müşteri hizmetleri, sipariş yönetimi ve maliyet yönetimi bakımından değerlendiren Ulusoy (2019), İstanbul'da faaliyet gösteren üç lojistik firması üzerinde Kappa analizi uygulamıştır. Bu araştırmanın sonucunda, lojistikte Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanması için firmaların yüksek bütçelere sahip olması gerektiği; ancak ülkemizde orta ölçekli firma sayısının fazla olması nedeniyle bu teknolojik koşullara uyum sağlayabilmek için KOBİ'lerin gelişimine imkân verilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

2. TURİZM VE REKREASYONDA DİJİTAL LOJİSTİK UYGULAMALARI

2.1. Turizmde Dijital Lojistik ve Araştırmalar

Turizm, ziyaretçilerin gerçekleştirdikleri etkinliklere göre sağlık, ticaret, spor, kongre, eğlence, macera, politik, sosyal ve kültür turizmi gibi çeşitli türlere ayrılmaktadır (Taşkın, 2022). Bu çeşitlilik içinde, özellikle sağlık turizminde dijital lojistik, sağlık hizmeti almak için farklı bir ülkeye seyahat eden hastaların tüm süreçlerinin dijital platformlar aracılığıyla yönetilmesini ifade eder. Bu süreç, hastaların seyahat öncesi, sırası ve sonrasında ihtiyaç duydukları tüm hizmetleri kapsar ve dijital teknolojilerle optimize edilir (Bostan ve Ravanoğlu, 2021).

Turizm işletmeleri, turistik ihtiyaçları karşılamak üzere turistik ürün üreten, finanse eden, pazarlayan, katma değer oluşturan ve ilgili yan hizmet faaliyetlerini gerçekleştiren kurumlardır. Turizm tedarik zinciri içerisinde yer alan işletmeler; ulaştırma, yiyecek ve içecek, seyahat, rekreasyon, dolaylı turizm ve konaklama işletmeleri olarak sınıflandırılmaktadır (Yıldız, 2021). Turizm sektörü de diğer tüm sektörler gibi teknolojik gelişmelerden yoğun bir şekilde etkilenmektedir. Özellikle nesnelerin interneti, gelişmiş iletişim sistemleri, bulut ve bilişsel bilgi işlem, web tabanlı yazılımlar, ulusal ve uluslararası para transferleri, internet ve mobil bankacılık gibi alanlardaki gelişmeler turizm sektörünü doğrudan etkileyerek küresel turizm hareketliliğini

artırmaktadır. Turizm sektöründe teknolojik gelişmelerin lojistik açısından yansımaları arasında, restoranlarda yemek servislerinde robotların kullanılması, servislerin hızını artırarak müşteri memnuniyetini yükseltmesi sayılabilir. Bazı restoranlarda dokunmatik ekran uygulamaları sayesinde misafirler, yemek içeriklerini ve görsellerini inceledikten sonra siparişlerini kolayca verebilmektedirler (Öztürk, 2020).

Turizmde lojistik ve tedarik faaliyetlerinin uygun ve uyumlu bir şekilde yürütülmesi, sektörün verimliliğinin sağlanması için zorunludur (Küçük ve Küçük, 2019: 174). Bu bağlamda, dijital lojistik uygulamaları turizm sektöründe operasyonel mükemmeliyeti ve müşteri deneyimini geliştirmek adına kritik bir rol oynamaktadır.

Karakuş (2020) tarafından yapılan ve Endüstri 4.0 sürecinde lojistiğin yiyecek ve içecek endüstrisine etkisini inceleyen çalışma, turizmdeki dijital lojistiğe önemli bir örnek teşkil etmektedir. Bursa il merkezindeki 3, 4 ve 5 yıldızlı otel işletmelerinin satın alma müdürleriyle yapılan mülakatlar sonucunda, lojistik faaliyetlerinde Endüstri 4.0 kullanımının turizm sektörüne, yiyecek ve içecek işletmelerine ve lojistik sektörüne etkileri araştırılmıştır. Bu araştırmanın bulguları, bir ürünün doğru olarak, doğru miktarda, doğru maliyetle ve doğru zamanda doğru müşteriye ulaşmasının önemini vurgulamaktadır. Spesifik olarak elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

Paketleme ve Taşıma Kalitesi: Ürünün doğru şekilde ambalajlanması ve uygun şartlarda taşınması, yiyecek ve içecek hizmeti sunan firmalarda hata payını azalttığı için maliyet ve zaman açısından büyük önem taşımaktadır. Dijitalleşme, bu süreçlerin standartlaşmasını ve denetimini kolaylaştırmaktadır.

Sıcaklık Kontrolü ve Takip: Gıda ürünleri için soğuk hava deposu içeren araçların kullanılması ve bu araçların dijital sistemler (Lojistik 4.0 teknolojileri) aracılığıyla firmalar tarafından sürekli izlenmesi, ürün güvenliği açısından kritik faydalar sağlamaktadır.

Konum ve Durum Takibi (GPS): Siber-fiziksel sistemler GPS sayesinde aracın konumu, verdiği molalar ve araç içindeki ürünün sıcaklık değeri gibi bilgiler sürekli kontrol edilebilmektedir. Bu durum, operasyonel verimlilik ve ürün kalitesi garantisi sunmaktadır.

Otomatik Stok ve Sipariş Yönetimi: Akıllı yazılımlarla stok kontrolleri istenildiği zaman yapılabilen ve otomatik siparişler verilebilmektedir. Bu, insan hatasını minimize ederek stok maliyetlerini düşürmektedir.

Son Kullanma Tarihi Yönetimi ve Tersine Lojistik: Yakın tarihli ve tarihi geçen ürünler önceden tespit edilerek, uygun tersine lojistik uygulamalarıyla değerlendirilebilmekte veya israfın önüne geçilebilmektedir. Bu sonuçlara göre, Lojistik 4.0'ın özellikle stok kontrolü ve takibi, ürünlerin son kullanma tarih

kontrolü, sipariş verme süreçleri, doğru depolama ve istifleme açısından yiyecek ve içecek işletmeleri için rekabet avantajı sağlayabileceği ve verimliliği artıracığı tespit edilmiştir.

Haseki ve Avşar (2023) tarafından yapılan bir başka çalışmada, Avrupa ve Türkiye'nin ekonomik sıralamasının belirlenmesinde lojistik ve turizm performans değerlendirmelerinin etkili olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma, lojistik ve turizmin rekabet için önemli olduğunu ve dijitalleşmenin taşımacılık faaliyetlerini artırarak turizmdeki rekabeti çevresel faktörler, turizm politikaları, altyapılar, kültürel ve doğal kaynaklar bağlamında etkilediğini incelemiştir. Sonuç olarak, Türkiye'nin ekonomik gelişme bakımından lojistik ve turizm sektörlerine yönelik yatırımlarda ve uygulamalarda yeni oluşumlar yapması gerektiği vurgulanmıştır.

Acar ve diğerleri (2021) tarafından Bursa ilindeki otellerde yapılan anket analizleri, tedarik zinciri içerisinde yer alan lojistik entegrasyonunun, bilgi teknolojileri kullanımının ve teslimat uygulamalarının işletme performansına anlamlı bir etkisi olduğunu tespit etmiştir. Yöneticilerin, otel işletme performansını artırmak için lojistik entegrasyonunda bilişim teknolojilerinin veri işleme, toplama, analizi ve değerlendirilmesi hususunda sağladığı faydalardan yararlanmaları gerektiği belirtilmiştir. Bilişim teknolojilerinin uygulandığı alanlar arasında sipariş takibi, envanter takip programları, depo takip programları, araç takip sistemleri, müşteri bilgi bankası ve tedarikçilerle entegre halindeki elektronik veri transfer uygulamaları bulunmaktadır. Tedarikçinin de hasat aşamasından depolama, paketleme ve dağıtım gibi diğer süreçlerde bilgi teknolojisine ihtiyaç duyduğu belirtilmiştir. Özellikle blockchain (blok zinciri) kullanımı ve müşterilerin sisteme eklenmesi, müşteri istek ve beklentilerini karşılamada, verileri veri tabanında toplamakta, anlamlı bilgilere dönüştürmekte ve bu bilgileri işletme içinde paylaşmakta büyük önem taşımaktadır.

Dilek ve İnfaz (2020) tarafından yapılan nitel bir çalışma, Endüstri 4.0'ın lojistik faaliyetlerine etkilerini, özellikle tedarik ve üretim süreçlerindeki değişiklikler açısından incelemiştir. Araştırma, Endüstri 4.0'ın lojistik sektöründe kalıcı değişimlere yol açtığını, ancak siber saldırılar gibi riskleri de beraberinde getirdiğini ortaya koymuştur. Bu dönüşüm, hata payının en aza indirilmesini de hedeflemektedir.

Çiçekdağı (2019), "Otel İşletmelerinde Gıda Lojistiği ve Tedarik Zinciri Yönetimi Stratejileri" üzerine yaptığı çalışmada, otel işletmelerinde gıda lojistiğiyle ilgili bilgi teknolojisi kullanımı hakkında yeterli bilgiye ulaşamadığını belirtmiştir. Araştırma, otel yöneticilerinin bilgi teknolojilerini takip ederek işletmelerin altyapılarını güçlendirmesi ve ilgili eğitimleri

sağlaması halinde işlerin daha kontrollü olacağını ve hata/kayıp oranlarının en aza indirileceğini vurgulamıştır.

Arbatskaya ve Khoreva (2021) tarafından yapılan bir araştırma, e-turizm lojistiğinde yenilikçi bir dijitalleşme başarısı olarak blockchain teknolojisini incelemiştir. Bu çalışma, turizm lojistiğinin modern ekonomi için gelecek vaat eden bir alan olduğunu ve blockchain'in dijitalleşmenin ana trendi olarak görüldüğünü belirtmiştir. Turizm lojistiğinde blockchain teknolojisinin; iş akışını azaltma ve basitleştirme, bilgi aktarımını ve her türlü akış sürecini hızlandırma, şeffaflık, verimlilik ve güvenilirlik sağlama, otomasyon ve entegrasyon sayesinde lojistik koordinatörü olarak bir aracıya ihtiyaç duyulmamasını sağlama gibi etkileri olduğu vurgulanmıştır. Blockchain uygulamalarının yakın gelecekte kullanımının artacağı varsayılmaktadır. Turizmde lojistiğin ortak ve doğru bir biçimde yazılım sistemlerinin kullanılması, genellikle turizm işletmelerinin ekonomik uygulamalarında olumlu bir etki sağlamaktadır. Bilimsel araştırmalar sonucunda, turizmde lojistiğin dijital uygulanmasının, turizm hizmetlerinde üreticiler ve tüketiciler arasında yeni iletişim şekilleri oluşturduğu, turizm organizasyonları için rekabette fark yarattığı ve turist akışlarının yönetilmesinde etkili bir yol haline geldiği sonucuna varılmıştır.

Bondarenko ve diğerleri (2021) tarafından yapılan araştırmada, lojistik hizmetlerin dijitalleştirilmesi ile turizm alanında lojistik akış yönetimi sistem organizasyonu araçlarının kullanımının temel yönleri belirlenmek istenmiştir. Lojistik hizmetlerin dijitalleşmesi açısından analiz sonuçlarına bakıldığında, tur operatörleri, hizmet sağlayıcıları, seyahat acenteleri ve son kullanıcıların tek bir bilgi sistemine ait sistematik turizm organizasyonu içinde yer aldığı görülmektedir. Bu sistem, hedef kitleyle zamanında ve daha verimli iletişim kurulmasını sağlar, bu nedenle yeni müşteri sayısı ve ilgili grubun markaya olan sadakati artmaktadır. Başlıca turist hizmetlerinin (yiyecek, konaklama, gezi, alışveriş, ulaşım, rekreasyon, dinlenme, eğlence, yönetim, eğitim, araştırma) belirlenmesiyle lojistik hizmetlerine ilişkin dijital araçlar kullanılmıştır.

2.2. Rekreasyonda Dijital Lojistik ve Araştırmalar

Rekreasyon alanı içerisinde yer alan turizm ve lojistiğin kapsadığı önemli bir alt alan olarak spor organizasyonları gösterilebilmektedir. Yapılan araştırmalara göre; uluslararası büyük spor etkinlikleri ve organizasyonları, hem ülkeler hem de ilgili işletmeler açısından büyük önem taşımaktadır. Örneğin, Olimpiyatlar gibi devasa organizasyonların ev sahipliği, ülkelerin belirlenen yeterliliklerine göre dağıtılmakta ve bu yeterlilik kriterlerinin önemli bir kısmını spor organizasyonlarının lojistik kabiliyetleri oluşturmaktadır. Ülkelerin lojistik

açından sahip oldukları yetenekler, spor organizasyonlarına ev sahipliği yapabilme kapasiteleri ve dolayısıyla turizm gelirleri açısından kritik bir rol oynamaktadır. Spor organizasyonlarında lojistik faaliyetlerin sorunsuz ve özenli bir şekilde yürütülmesi, etkinliğin genel başarısı için temel koşuldur (Duygun ve Subaşı, 2023).

Herold ve diğerleri (2020), spor lojistiği süreçlerini; organize etme, kaynak temini, teslim etme, iade etme ve etkinleştirme olarak beş temel boyutta belirlemişlerdir. Spor lojistiği yönetiminde ise dört temel alan bulunmaktadır: sporcu lojistiği yönetimi, spor ekipmanı lojistiği yönetimi, mekan lojistiği yönetimi ve taraftar/seyirci lojistiği yönetimi. Spor lojistiği üzerine yapılan araştırmalar henüz yeterli düzeyde olmamakla birlikte, bu alanda eğitim tesislerinin yönetimi ve donatımı, spor ekipmanlarının bakımı, çok yönlü düzenli eğitim seanslarının koordinasyonu, spor perakendeciliği, spor malzemeleri üretimi ve spor turizmi gibi birçok farklı alt alanın varlığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Spor lojistiğindeki teknolojik gelişmeler, organizasyonların daha etkin ve başarılı yönetilmesini sağlamaktadır. GPS izleme sistemleri, taşıma faaliyetlerinin anlık takibine yardımcı olmakta; akıllı yazılımlar, malzemelerin izlenmesi ve stok yönetiminin kontrol altına alınmasında büyük kolaylıklar sunmaktadır. Ayrıca, veri analizi teknolojileri sayesinde geçmiş etkinliklerden elde edilen verilere dayanarak gelecekte yapılacak organizasyonların daha iyi planlanması ve hazırlanması mümkün olmaktadır (Tunalı, 2024). Bu dijital araçlar, rekreasyon alanındaki lojistik süreçlerin verimliliğini ve güvenilirliğini artırmaktadır.

Büyük spor etkinliklerinde gıda soğuk zincir lojistik ağı, çok sayıda lojistik bileşenden oluşan karmaşık ve dinamik bir sistemdir. Spor etkinliklerinde lojistik ağının kurulması için mekânsal boyut, bağlantı, nicelik ve süreç boyutları olmak üzere dört temel boyutun analiz edilmesi gerekmektedir (Lif, Lan ve Cheng, 2019). Dijital lojistik, bu dört boyutun optimize edilmesinde ve kompleks ağların yönetiminde kilit rol oynamaktadır.

3. DİJİTAL LOJİSTİĞİN TURİZM VE REKREASYONA SAĞLADIĞI FAYDALAR VE KARŞILAŞILAN ENGELLER

3.1. Faydalar

Dijital lojistik uygulamalarının turizm ve rekreasyon sektörlerine sağladığı faydalar oldukça çeşitlidir ve operasyonel verimlilikten müşteri memnuniyetine kadar geniş bir yelpazeyi kapsar. Karlı ve Tanyas (2020) tarafından yapılan bir çalışma, akıllı lojistik ve dijital dönüşümlerin sektöre katkılarını ve engellerini "Scopus", "Web of Science" ve "DergiPark" veri tabanlarından incelenen 67

makale ile derlemiştir. Bu araştırmaların ve genel literatürün ışığında, dijital lojistiğin temel faydaları şu şekilde özetlenebilir:

Entegrasyon ve Bütüncüllük: Dijital lojistik, tedarik zinciri içindeki tüm süreçlerin birbiriyle entegre olmasını sağlayarak, daha bütüncül ve koordineli bir sistem yapısı sunar. Bu, bilgi akışını hızlandırır ve karar alma süreçlerini optimize eder.

Gelişmiş İzlenebilirlik: Barkod, GPS izleme sistemleri, RFID gibi elektronik tanımlama teknolojileri sayesinde tüm süreçlerin anlık olarak izlenmesi mümkün hale gelir. Bu, özellikle hassas ürünlerin (gıda, ilaç vb.) ve değerli ekipmanların takibinde kritik öneme sahiptir.

Maliyet Azalması: Dijital lojistiğin uygulanması, manuel süreçlerin otomasyonu, rota optimizasyonu, stok fazlalığının önlenmesi gibi faktörler sayesinde operasyonel maliyetlerde belirgin düşüşler sağlar.

Artan Verimlilik: Dijital lojistik süreçlerinde, insan kaynaklı hatalar minimize edilerek operasyonel verimlilik artırılır ve ölçek ekonomisi avantajları elde edilir. Bu, kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlar.

Tam Zamanında Teslimat (Just-in-Time): Bilgi iletim teknolojileri sayesinde verilerin anlık analizi, verimsiz noktaların tespit edilmesine ve teslimat zamanlaması ile ilgili doğru bilgilerin müşteriye sunulmasına olanak tanır. Bu, müşteri memnuniyetini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür.

Fazla Üretimin ve Aşırı Stok Tutulmasının Önlenmesi: Entegrasyon ve etkin bilgi akışı sayesinde taleplerin daha doğru tahmin edilmesi, fazla üretimi ve dolayısıyla aşırı stok tutulmasını önler. Bu da hem maliyet tasarrufu hem de israfın azalması anlamına gelir.

Çevresel Faydalar (Yeşil Lojistik Entegrasyonu): Lojistiğin dijitalleşmesi, tüm faaliyetlerde tam verimlilikle çalışmayı destekleyerek enerji tüketiminin azaltılması, kaynak kullanımının optimize edilmesi ve emisyon salımının azaltılması gibi konularda çevreye önemli faydalar sunar.

3.2. Engeller

Dijital lojistiğin sağladığı sayısız faydanın yanı sıra, bu dönüşüm sürecinde karşılaşılan bazı önemli engeller de bulunmaktadır. Kodum ve diğerleri (2020), Winkelhaus ve Gresse (2020) ile Zhang ve diğerleri (2019) gibi araştırmacıların da belirttiği üzere, bu engeller başlıca şu kategorilerde toplanabilir:

Teknolojik Engeller:

Siber Güvenlik Riskleri: Tüm süreçlerde siber saldırıların yaşanma potansiyeli, bilgilerin çalınması, üretim/hizmet akışının engellenmesi gibi ciddi

tehditler oluşturur. Bu durum, güçlü siber güvenlik altyapılarına yatırım yapmayı zorunlu kılar

Nitelikli Personel Eksikliği: Bilgi teknolojilerini etkin bir şekilde kullanabilecek nitelikli personel bulma zorluğu ve mevcut personelin sürekli eğitime tabi tutulması gerekliliği, önemli bir insan kaynakları engelidir.

Entegrasyon Sorunları: Kullanılan farklı teknolojilerin birbiriyle entegre halinde çalışamaması veya uyum sorunları yaşanması, verimli bir dijital lojistik sistemin kurulmasını zorlaştırabilir.

Ekonomik Engeller:

Yüksek Yatırım Maliyetleri: Bilgi teknolojileri yatırımları, özellikle başlangıç aşamasında yüksek maliyetler gerektirmektedir. Bu durum, özellikle KOBİ'ler için önemli bir bariyer teşkil edebilir.

Yatırım Getirisi Belirsizliği (ROI - Return on Investment): Lojistikte dijitalleşme nispeten yeni bir alan olduğundan, yapılan bilgi teknolojileri yatırımlarının ne kadar sürede geri döneceği, hangi teknolojilerin en yüksek verimliliği sağlayacağı ve farklı ölçekteki veya sektördeki şirketler için somut faydaların ne olacağı konusunda yeterli veri ve öngörünün bulunmaması bir belirsizlik yaratmaktadır. Bu durum, işletmelerin yüksek maliyetli dijital dönüşüm projelerine yatırım yapma kararı almasını zorlaştırabilir.

Sosyal Engeller:

İnsan İhtiyacının Azalması Endişesi: Otomasyon ve dijitalleşmenin işgücü ihtiyacını azaltacağı endişesi, çalışanlar arasında direnç yaratabilir.

Teknolojiye Uyum Zorluğu: Özellikle yaşlı popülasyonun veya geleneksel yöntemlere alışkın bireylerin teknoloji bilgisi yetersizliği ve dijitalleşmeye adaptasyon konusunda isteksizlikleri, dönüşüm sürecini yavaşlatabilir.

Ekolojik Riskler:

Artan Enerji Tüketimi: Dijitalleşme genel olarak emisyon salınımını ve enerji tüketimini süreç bazında düşürse de, kullanılan yeni teknolojilerin (sunucular, veri merkezleri vb.) getirdiği enerji tüketimi artışı ve makro büyümenin sonucunda oluşan çevresel harcamalar potansiyel ekolojik riskler barındırabilir. Bu durum, dijitalleşmenin çevresel ayak izinin de dikkatle yönetilmesi gerektiğini ortaya koyar.

Hukuki ve Politik Engeller:

Yetersiz Teşvikler ve Regülasyonlar: Dijital dönüşümü destekleyecek yeterli teşvik mekanizmalarının olmaması ve lojistik sektöründeki dijitalleşmeye

yönelik yasal düzenlemelerin yetersizliği, firmaların yatırım yapma motivasyonunu azaltabilir.

Turizm, ziyaretçilerin gerçekleştirdikleri etkinliklere göre türlere ayrılmaktadır. Sağlık turizm, ticaret turizm, spor turizm, kongre turizm, eğlence turizm, macera turizm, politik turizm, sosyal turizm, kültür turizm bunlardan bazılarıdır (Taşkın, 2022). Sağlık turizminde lojistik, sağlık hizmeti almak için farklı bir ülkeye seyahat eden hastaların tüm süreçlerinin dijital platformlar aracılığıyla yönetilmesini ifade eder. Bu süreç, hastaların seyahat öncesi, sırası ve sonrasında ihtiyaç duydukları tüm hizmetleri kapsar ve dijital teknolojilerle optimize edilir (Bostan ve Ravanoğlu, 2021). Turizm işletmeleri, turistik ihtiyaçları karşılamak için turistik ürün üreten, finanse eden, pazarlayan, katma değer oluşturan, turizmle ilgili yan hizmet faaliyetlerini gerçekleştiren işletmelerdir. Turizm tedarik zinciri içerisinde yer alan işletmeler; ulaştırma hizmeti sunan işletmeler, yiyecek ve içecek işletmeleri, seyahat işletmeleri, rekreasyon işletmeleri, dolaylı turizm işletmeleri ve konaklama işletmeleri olarak ayrılmaktadır (Yıldız, 2021). Turizm sektörü de diğer tüm sektörlerdeki gibi teknolojik gelişmelerden etkilenmektedir. Özellikle nesnelerin interneti, iletişim sistemleri, bulut ve bilişsel bilgi işlem sistemlerinde bulut ve bilişsellik, web tabanlı yazılımlar, ulusal ve uluslararası para transferleri, internet ve mobil bankacılıkta görülen gelişmeler turizm sektörünü etkilemekte ve dünyadaki turizm hareketliliğini de arttırmaktadır. Turizm sektöründe teknolojik gelişmelerde lojistik açısından restoranlarda yemek servislerinde robotların kullanılması servislerin daha hızlı olmasını ve müşteri memnuniyetini arttırmaktadır. Bazı restoranlarda dokunmatik ekran uygulamalarını kullanarak ekranda yemek içerikleri ve görselleri gördükten sonra yemek siparişlerini yapabilmektedirler (Öztürk, 2020).

1.1. Dijital Lojistik

Rekabetin günümüzde tedarik zincirleri arasında gerçekleştiği düşünüldüğünde tedarik zincirlerinin pazar performanslarını ve rekabet yeteneklerini belirleyen en önemli unsur sahip oldukları lojistik kabiliyetler olmaktadır (Kamacı ve Öz, 2024).

Lojistik günümüzde yalnızca yük taşımacılığı olarak düşünülmemektedir ve daha çok kompleks yapı halinde görülmektedir. Taşımacılık ile beraber depolama, stok yönetimi, talep tahmini, müşteri hizmetleri, malzeme aktarımı, envanter yönetimi, sipariş alımı gibi kısımları ile beraber birçok yeni çeşitli hizmetlerin eklenmesiyle lojistik kavramındaki hizmet çeşitliliği artmış bulunmaktadır (Baltacı, 2020).

Endüstri 4.0 birbirleriyle sürekli iletişim ve etkileşim haline giren akıllı nesnelerle fiziksel ve sanal dünyada; bulut sistemler, nesnelerin interneti, siber fiziksel, siber güvenlik sistemler, büyük veri analitiği ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojiler ile bütünleşen bir kavramdır (Baki ve Serdar, 2020) .

Dijitalleşme, bütün iş olaylarının izlemek ve bilgi birikimlerin transferi için telefon, bilgisayar, tablet gibi teknolojik ekipmanlar ile iş takibinin yapılmasında dijital ortama geçiş sürecidir (Üzmez ve Büyükbaş, 2021). Dijitalleşme, dünyada yaşanan baş döndürücü teknolojik gelişmelerle birlikte hız kazanmış, Endüstri 4.0'dan sonra işletmeler, küresel dünyadaki tüm yeniliklere entegre olabilmek yolunda çaba sarf etmişlerdir. Endüstri 4.0 dünyadaki tüm işletmelerin rutinlerini değişime uğratmış, iletişim teknolojilerinin ve enformasyonun önemini tüm işletmeler için hayati hale getirmiştir. Ancak bu kazanımlarla stratejik üstünlük kurulabileceği hususunu ön plana çıkaran bu devrim, işletmelerin rekabetçi olabilmeleri adına hayati görülmektedir (Karagöz, 2022: 69).

Endüstri 4.0 uygulanması ile tüm şirketler şirket kazancını, rekabet gücünü arttırmayı düşünmektedirler. Bu da şirketlerde dijital dönüşüme yönlendirmeye zorlamaktadır. Bu durum ekonomik büyümeyi katkı sağlamakta ve işletmelerde yenileşmeye yönlendirmektedir (Tine vd., 2023). Lojistik şirketleri tedarik zinciri süreçlerine Endüstri 4.0 teknolojisini entegre ederek dijital dönüşüm başlamaktadır. Lojistik şirketlerinde dijital dönüşüm ile müşteri beklentilerini hızlı, verimli ve kaliteli olarak karşılamaktadırlar. McKinsey 2017 yılında yapmış olduğu rapora göre lojistikte tedarik zincirinin %43'ünün dijitalleşme seviyesinde olduğu ve şirketlerin rekabetçi ortamda ilerde olmasını sağlayan şey kesinlikle dijital dönüşüm olduğu belirlenmiştir (McKinsey, 2023).

1.2. Türkiye ve Dünyadaki Dijital Lojistik Araştırmaları

Dünyada lojistikte dijital dönüşüme bakıldığında; Çin sanayisi öngörülü olmaları sayesinde, dijital dönüşüme önderlik eden ülkelerdendir. İmalat süreçlerinde internet bağlantıları ile otomatik hale getirilip verimliliği arttırmak için Endüstriyel nesnelerin interneti olarak ciddi yatırımlar yapmıştır. Çin'in 2025 yılı ve ileriki yıllarda dünya endüstriyel internet bağlantısını yüzde 30 çıkaracağı tahmin edilmektedir (Sağbaş ve Gülseren, 2019).

Tedarik zinciri ve lojistiklerde artan dijitalleşmeden dolayı daha karmaşık, birbirine bağlı ve yaygın bulunması nedeniyle Almanya da buluna şirketlerin % 10'u Endüstri 4.0 sistemlerinde kurarken %30'u dijitalleşme projeleri bulunmadığı tespit edilmiştir.

Almanya’da 2019 yılında yapılan bir çalışmada şirketlerin Endüstri 4.0 işlevsel ve kapsamlı olarak %8’i faaliyete geçirilebilmektedir (Burger vd., 2021).

Kalaycı (2023) yapmış olduğu çalışmada SC Lojistik firmasının beş departmanın çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak dijital skoru hesaplanmıştır. Nakliye departmanın dijital skurun en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ürünlerin zamanında, uygun maliyetle, hasar görmeden iletilmesi müşteri memnuniyetini bu durumda lojistik firmasının başarısında olumlu yönde etkilemektedir. Şirketin dijitalleşmesinde başarılı ve sürdürülebilir olabilmesi için tüm departmanların dijitalleşmesi gerekmektedir. Lojistik sektöründe dijital dönüşümler önceden yapılırsa rekabette üstünlüğü erkenden sağlar. Önemli olan bir hususta dijital teknolojileri sisteme entegre edilirken siber riskler açısından sistem korunaklı hale getirilmelidir.

Balcı (2020), tarafından yapılan araştırmada lojistik işletmelerin dijitalleşmesini konu almıştır. Evren olarak Türkiye’de yer alan lojistik firmalarını nitel yöntemle incelemiştir. Araştırmanın sonucunda lojistik sektöründe güvende ilerleyebilmek için dijitalleşmeye yönelmek gerekmektedir. Başarı elde etmek için bilgi teknolojilerine adapte olmaktan geçmektedir.

Pandemi döneminde lojistik sektörünü engelleyen sebepleri amaçlayan (Uslu ve Tekin, 2021); literatür araştırma sonuçlarında pandemi döneminden kaynaklı e-ticaretin arttığı; müşterilerin düşük maliyet, temassız ve hızlı teslimat önemli olmuştur bundan kaynaklı lojistik sektöründe dijitalleşmeye geçiş hızlanmıştır.

(Doç, 2020), tarafından yapılan araştırmada, 200 farklı şirket üzerinde yapılan çalışmada elde edilen veriler neticesinde tedarik zinciri verimliliğinde dijitalleşmenin etkileri incelenmiştir. Araştırmanın sonucunda, Ot ve RFID teknolojilerinin kullanılması lojistik ve tedarik zinciri etkinliğinde %20 ‘lif artış olduğu tespit edilmiştir. Bu teknolojilerin uygulanması izlenebilirlikte ve döküm yönetiminde iyileşmeler olmuştur ve müşteri memnuniyetinde artış ve şirketlerin maliyetinde düşüş görülmüştür.

Dijital lojistik ve Endüstri 4.0 arasındaki ilk aşamadaki benzerlikler; otomasyon, mobilce, ağ çalışması ve dijitalleşmedir. İkinci derece yer alan benzerlikler; drone, GPS sistemi, büyük veri analitiği, sürücüsüz araçlar, sensorlar, M2M ve radyo frekansı tanılama sistemi (RFID) kullanımıdır (Alkış, Piritini ve Ertesel, 2020).

Lojistik işletmelerinde endüstri 4.0 uygulamaları entegre edilerek operasyon el verimlilik düzeyleri ulaştırma, stok, depo ve müşteri hizmetleri, sipariş yönetimi, maliyet yönetimi bakımından değerlendirmeye alan (Ulu soy, 2019) ;Örneklem olarak İstanbul da faaliyet gösteren üç lojistik firması üzerinde kapa analizi uygulanmıştır. Bu araştırmanın sonucunda lojistikte Endüstri 4.0

teknolojilerin uygulanması için firmaların yüksek bütçelerin bulunması gerekmektedir ancak ülkemizde orta ölçekli firmaların sayısı fazla olduğu için teknolojik koşullara uyum sağlayabilmek için Kofilerin gelişmesine imkan verilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

1.3. Turizmde Dijital Lojistik ve Araştırmalar

Her zaman stratejik açıdan önemli olan turizm, sabit olmayan ekonomik koşullarda hizmet ve mal çeşitliliğinin sunumunda dinamik bir sektördür. Bu sektörün verimliliğin sağlanması lojistik ve tedarik faaliyetlerinin uygun ve uyumlu şekilde olması zorunludur (Küçük ve Küçük, 2019: 174).

Turizmde ve rekreasyon alt başlıkları altında bulunan yeme ve içme üzerindeki işletmelerinde lojistikte dijitalleşme içeren Karakuş (2020) tarafından yapılmış olan Endüstri 4.0 Sürecinde Lojistiğin Yiyecek ve İçecek Endüstrisine Etkisi başlığında bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma Bursa il merkezinde yer alan 3, 4, 5 yıldızlı otel işletmelerinde bulunan satın alma müdürlerine mülakat yapılarak lojistik faaliyetlerinde Endüstri 4. 0 kullanılmasının turizm sektörüne, yiyecek ve içecek işletmelerine ve lojistik sektörüne etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak; yiyecek ve içecek işletmelerin bir ürünün doğru olarak, doğru miktarda, doğru maliyetle, doğru zamanda, doğru müşteriye ulaşması önemlidir. Bu nedenle lojistikte teknolojinin kullanılması maliyet ve verim yönünden önemlidir. Bu araştırmada;

-Lojistik sektöründe ürün doğru şekilde ambalajlanmışsa ve uygun şartlarda taşınmışsa yiyecek ve içecek hizmeti sunan firmalarda hata payını azalttığı için maliyet ve zaman açısından önemli olduğu tespit edilmiştir.

-Gıda ürünleri için soğuk hava deposu yer alan araçların kullanılması ve bu araçların firmaları tarafından izlenilmesi Lojistik 4.0 ile takibi yapılabilir.

-CPS sistemi ile aracın nerede, ne kadar mola verdiği, aracın içinde yer alan ürünün sıcaklık değeri devamlı kontrol edilebilir.

-Stok kontrolleri yazılımlar ile istenildiği zaman kontrol edilerek otomatik sipariş verilebilir.

-Yakın tarihli ve tarihi geçen ürünler önceden tespit edilir. Tersine lojistik uygulanabilir veya o ürünler değerlendirilebilir.

Bu sonuçlara göre; Lojistik 4.0 'ı kullanmak özellikle stok kontrolü ve takibi, ürünlerin son kullanma tarih kontrolünde, sipariş verme, doğru depolama, istifleme açısından yiyecek ve içecek işletmeleri için rekabet ortamı üst seviyede tutabileceği ve verimliliği arttıracığı tespit edilmiştir.

Haseki ve Avşar (2023) 'in Avrupa ve Türkiye'nin ekonomik sıralamasının belirlenmesinde lojistik ve turizm performans değerlendirmenin etki gösterdiğini belirten çalışmada lojistik ve turizm rekabet için önemli olduğunu

ve rekabet ortamında lojistikte dijitalleşmenin taşımacılık faaliyetini arttıracaklarını ve turizmde rekabeti çevresel faktörler, turizm politikaları, alt yapılar, kültürel ve doğal kaynakların etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak ülkelerin sıralamasında Türkiye 22. sıradadır. Türkiye’de ekonomik gelişme bakımından lojistik sektörüne ve turizme yatırımlarda ve uygulamalarda yeni oluşumlar yapılması gerekmektedir.

Acar vd. (2021) yaptıkları çalışma Bursa ilindeki otellerde yapılan anket analiz sonuçlarına göre tedarik zinciri içerisinde yer alan lojistik entegrasyon, bilgi teknolojileri kullanımı ve teslimat uygulamaları işletme performansına anlamlı etkisi olduğu tespit edilmiştir. Yöneticilerin, otel işletme performansını arttırmak için lojistik entegrasyonun da bilişim teknolojilerinin verilerin işlenmesi, toplaması, analizi ve değerlendirilmesi hususunda sağlanan faydalardan yararlanılması gerekmektedir. Bilişim teknolojilerin uygulandığı alanlar; sipariş takibi, envanter takip programları, depo takip programları, araç takip sistemleri, müşteri bilgi bankası ve tedarikçiler entegre halindeki elektronik veri transfer uygulamalarıdır. Tedarikçinin de hasat aşamasından depolama, paketleme, dağıtım gibi diğer süreçlerde de bilgi teknolojisine gerek duymaktadır. Tedarikçinin blok zincir kullanması ve müşterileri sisteme eklemesi müşteri istek ve beklentileri karşılamada, verileri veri tabanında toplamak, bilgileri anlamlı hale getirmek, bu verileri anlamlı halde bilgiler çıkarmak ve bunları işletme içerisinde paylaşmak bilgi teknolojisi uygulanması önemlidir.

Dilek ve İnfaz (2020)’in araştırdığı çalışmada tedarik ve üretim sürecinde değişikliklerin olması endüstri 4.0’ın lojistik faaliyetlerine etkilerin neler olduğu araştırmak isteyen; araştırma yöntemi nitel kullanılarak endüstri 4.0’ın lojistik sektöründe kalıcı değişimlere yön vermiştir bunun aksine siber saldırıları da görülmeye başlanmıştır. Hata payı en az seviye indirilecektir.

Çiçekdağı (2019), Otel İşletmelerinde Gıda Lojistiği ve Tedarik Zinciri Yönetimi Stratejileri üzerine konu başlığında bir araştırma yapmıştır. Araştırmada gıda lojistiğiyle ilgili bilgi teknolojisi kullanımı hakkında net bilgi elde edilememiştir. Otel yöneticilerinin otel işletmelerinde yer alan bilgi teknolojilerini takip ederek işletmelerin alt yapıyı sağlamaları ve eğitimi oluşturmaları işlerin daha kontrollü olmasını sağlar ve hata kayıp oranını en aza indirecektir.

Arbatskaya ve Khoreva (2021) tarafından ece-turizmin lojistiğinde yenilikçi bir dijitalleşme başarısı olan blok zincir üzerinde bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırmada turizm lojistiğinin, modern ekonomi için gelecek vaat eden bir alandır. Blok zincirde dijitalleşmenin ana trendi olarak görülmektedir. Turizm lojistiğinde yer alan blok zincir teknolojisinin; iş akışını azaltması ve

basitleştirilmesinde, bilgi aktarımının ve her türlü akış sürecinin hızlandırılmasında, şeffaflık, verimlilik ve güvenilirliği sağlamasında, otomasyon ve entegrasyonu sayesinde lojistik koordinatörü olarak bir aracıya ihtiyaç duyulmamasında etkisi bulunmaktadır. Blok zincir uygulamaların yakın gelecekte kullanımının artacağı varsayılmaktadır. Turizmde lojistiğin ortak ve doğru bir biçimde yazılım sistemlerin kullanılması genellikle turizm işletmelerinin ekonomik uygulamalarında olumlu bir etki sağlamaktadır. Bilimsel araştırmalar sonucunda turizmde lojistiğin dijital uygulanmasının, turizm hizmetlerinde üreticiler ve tüketiciler arasında yeni iletişim şekli oluşturduğu, turizm organizasyonları için rekabette fark yarattığı, turist akışlarının yönetilmesinde etkili bir yolu haline geldiği sonucuna varılmıştır.

Bondarenko ve diğer arkadaşları (2021) tarafından yapılan araştırmada lojistik hizmetlerin dijitalleştirilmesi ile turizm alanında lojistik akış yönetimi sistem organizasyonu araçlarının kullanımının temel yönleri belirlenmek istenmiştir. Lojistik hizmetlerin dijitalleşmesi açısından analiz sonuçlarına bakıldığında tur operatörleri, hizmet sağlayıcıları, seyahat acenteleri ve son kullanıcıların bir tek bilgi sistemin ait sistematik turizm organizasyonu bulunmaktadır. Bu sistem hedefinde olan kitleyle zamanında ve daha verimli iletişim kurulmasını sağlar. Bu nedenle yeni müşteri sayısı ve ilgili grubun markaya olan sadakati artmaktadır. Başlıca turist hizmetlerinin; yiyecek, konaklama, gezi, alışveriş, ulaşım, rekreasyon, dinlenme, eğlence, yönetim, eğitim, araştırma olarak belirlenmesiyle lojistik hizmetlerine ilişkin dijital araçlar kullanılmıştır.

1.4. Rekreasyonda Dijital Lojistik ve Araştırmalar

Rekreasyon içerisinde yer alan turizm ve lojistiğin kapsadığı alan olarak spor organizasyonları örnek gösterilebilmektedir. Yapılan araştırmalara göre; Spor organizasyonları uluslararası büyük etkinlikler şeklinde faaliyet gösteren bu durumun ülkeler açısından hem de işletmeler açısından önemli görülmektedir. Örneğin olimpiyat gibi büyük organizasyonların bu faaliyetle ilgilenen kuruluşlar tarafından ülkelerin belirlenen yeterliliklerine göre dağıtılıp organizasyonlar gerçekleştirilmektedir. Bu yeterliliklerinde dikkate aldıkları kriterlerden büyük kısmını spor organizasyonların lojistik faaliyetleri olduğu görülmektedir. Ülkelerin lojistik açısından yetenekleri; spor organizasyonu, onların ev sahipliği yapabilme ve turizm açısından önemlidir. Spor organizasyonunda lojistik faaliyetlerin sorunsuz ve özenli halde yürütülmesi gerekmektedir (Duygun ve Subaşı, 2023).

Herold ve diğerleri (2020) spor lojistiği süreçlerini organize etme, kaynak yapma, teslim etme, iade etme ve etkinleştirme olarak belirlenmiştir. Spor

lojistiğin yönetiminde dört temel şey bulunmaktadır; sporcu lojistiği yönetimi, spor ekipmanı lojistiği yönetimi, mekan lojistiği yönetimi ve taraftar ve seyirci lojistiği yönetimi. Spor lojistiği üzerine fazla araştırmalar bulunmamaktadır. Aslında spor lojistik yönetiminde birden fazla alanların olduğu düşünülmektedir. Örneğin; eğitim tesislerin yönetimi ve donatımı, spor ekipmanların bakımı, çok yönlü düzenli eğitim seansların koordinasyonu, spor perakendeciliği, spor malzemeleri üretimi ve spor turizmi gibi alanlar oluşabilmektedir.

Spor lojistiğindeki teknolojik gelişmeler organizasyonların daha etkin ve başarılı yönetilmesini sağlar. GPS izleme sistemleri, taşıma faaliyetlerine izlemeye yardımcı olmaktadır. Akıllı yazılımlar; malzemeyi izlemede ve stok yönetimi kontrol altına almada kolaylık sağlamaktadır. Veri analizindeki bilgilerden yola çıkarak geçmişteki etkinliklerden elde edilen verilere bakılarak gelecekte yapılacak organizasyonların daha iyi hazırlanmasında etkili olacaktır (Tunalı, 2024).

Büyük spor etkinliklerinde gıda soğuk zincir lojistik ağı; çok fazla lojistikten oluşan karmaşık ve dinamik sistemdir. Spor etkinliklerinde lojistik ağının kurulması için mekânsal boyut, bağlantı, nicelik ve süreç boyutları dört boyut analiz edilmektedir (Lif, Lan ve Cheng, 2019).

1.5. Turizm ve Rekreasyon Dijital Lojistik Faydaları ve Engelleri

Akıllı lojistikte kullanılan sistematik haritalama yöntemleri hakkında çalışmaların derlemek amacıyla evren olarak akıllı lojistiğin alınıp ve dijital dönüşümlerin lojistik sektöründe katkılarının ve engellerin olduğunu belirten bunun için çalışmada “Scopus” “Web of Sciences” ve “Dergi park” veri tabanlarından yararlanılarak 67 makale incelenmiştir (Karlı ve Tan yas, 2020),

Faydaları;

-Entegrasyon sağladığından bütüncül bir sistemden şeklinde çalışır.

-İzlenebilirlik; Tüm süreçlerin izlenebilmesi için; barkod, GPS vb. takip sistemleri, elektronik tanımlama

-Maliyetlerin Azalması; Dijital lojistiğin uygulanması ile maliyetler azalmaktadır.

-Verimlilik; dijital lojistik sürecinde, insana bağlı hataların minimize edilmesi ve ölçek ekonomisi sağlanması

-Tam Zamanında Teslimat; Lojistikte bilgi iletim teknolojileri sayesinde verilenin analizine bakılıp verimsiz noktalar tespit edilir ve teslimat zamanlaması ile ilgili doğru bilgileri müşteriye sunmaktadır.

-Fazla Üretimin Engellenmesi; entegrasyon ve bilgi akışı sayesinde daha net tahminler fazla üretimi önlemektedir.

-Aşırı stok tutulmasının önlenmesi

-Yeşil lojistik; lojistiğin dijitalleşmesi tüm faaliyetlerinde tam verimlilikle çalışması enerji tüketimin azaltılmasında, kaynak kullanımının azaltılmasında, emisyon salınım azalması gibi konularda çevreye faydaları bulunduğu tespit edilmiştir.

Lojistiğin dijitalleşmesi ile oluşan engeller aşağıdadır (Kodum vd., 2020; Winkelhaus ve Gresse, 2020; Zhang vd., 2019).

-Teknolojik engeller; tüm süreçlerde siber olayların olabilmesi bilgilerin alınması, üretim/ hizmet engellenmesi, bilgi teknolojileri kullanabilecek nitelikli personelin bulunma zorluğu ve devamlı eğitime maruz kalınması, kullanılan teknolojilerin birbiri ile entegre halinde olması

-Ekonomik engeller; bilgi teknoloji yatırımların yüksek maliyet gerektirmesi, lojistikte dijitalleşmenin yeni olması teknolojilerden hangisinin verimli olacağı ve hangi şirketlerde daha fayda sağlanabileceği bilinmemesi

-Sosyal engeller; insan ihtiyacı azalması, yaşlı insanların teknoloji bilgilerinin az olması ve dijitalleşmeye destek vermemeleri

-Ekolojik riskler; dijitalleşme ile emisyon sağınımı ve enerji tüketimi işlem genelinde düşürse bile teknolojilerin getirmiş olduğu enerji tüketimi artışı, makro büyümenin sonucunda oluşan harcamalar

-Hukuki ve politik tehlikeler; teşviklerin olmaması ve regülasyonların yetersiz olması

SONUÇ

Ülkelerin gelişmişlik seviyelerini belirleyen unsurlardan biri lojistik sektörüdür. (Türkoğlu ve Duran, 2023: 63). Lojistikte bir işe değer katabilmesi gereklidir (Şahin ve Ezel Aydın ocak, 2023:146). Değer katabilmesi ve pozitif yönde etkiler göstermesi için lojistik faaliyetleri teknoloji üzerine kurulması ve faaliyet gösterilecek bölgelerde alt yapı problemleri ortadan kaldırılmalıdır. Bu sayede lojistik faaliyetlerinde istenilen verime ulaşılabacaktır (Fırat, 2023: 99).

Dijitalleşme, modern toplumun en aydınlık eğilimlerindendir biridir.2018-2025 zaman aralığı dikkate alındığında ve gelecekteki gelişmekte olan trendler analiz edildiğinde dijital teknolojilerinin tüm faaliyet alanlarında belirleyici olduğu sürdürülebilir kalkınma ve ekonomide büyüme için önemli bir faktör olduğu tespit edilmiştir (Burroughs ve Burroughs, 2020).

Dijital lojistik faaliyetlerin olması bütün tedarik zincirinde tam şeffaflık ve gerçek zamanlılık olabilecek, nakliye zincirinde ve lojistik merkezinde aktiflik, büyük veri analitiğin olmasıyla yüksek verimlilik, bulut sistemin olması her zaman her yerde bilgiye ulaşım, otonom karar verme sistemi ile otomasyonda

yüksek seviye, karmaşık bir aşamada daha az hata, tedarik sürecinde esneklik, müşteri memnuniyeti gibi rekabette fark yaratacaktır (Bilgiç vd., 2020).

Literatür taramalarından bazılarının sonuçlarına bakıldığında ve Cichosz vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada da lojistik hizmetinde dijital dönüşümün başarı ve başarı olmamayı neden olan faktörler netleştirilmiştir. Başarı için sekiz tane faktör; Çalışan ve ortak katılımı, liderlik, süreç standardı ve veri işleyiş, çevik dönüşüm yönetimi, çalışan eğitim ve becerileri arttırma, iç ve dıştaki teknolojik bilgileri kullanma, destekleyici organizasyon kültürü, iş ve bilimsel teknoloji uygulanan faaliyetlerin uygun olmalıdır; başarısız olması için beş tane faktör: kaynak eksikliği, lojistik ağın ve temel faaliyetlerde karmaşıklık, insanların değişime karşı olması, verilerin korunmasında ve güvenlikte ihlal olması, teknolojinin benimsenmemesi. Araştırmanın sonucunda lojistikte dijital dönüşüm engellerin lojistik ağında kaynak eksikliği ve karmaşık olması; başarısında eğitilmiş, iyi seçilmiş, motive olmuş ve işine bağlı çalışanlar olduğu tespit edilmiştir.

Lojistik endüstrisi, sosyal bilgi ve ulusal ekonomik için önemlidir. Akıllı lojistiğin gelişiminde bulut bilişim sistemi ve nesnelerin internetin kurulumu gereklidir. Gelecekteki sosyal ve ekonomik gelişmelerde lojistikte artan taleplere göre lojistik endüstrisinde enformasyonunu geliştirmek ve bilimsel yardımları oluşturmak için halihazırda olan teknolojilerden faydalanmaya ve geliştirilmeye devam edilecektir (Tana, 2020).

Bu çalışmanın sonucuna bakıldığında işletmelerin genelinde olduğu gibi turizm ve rekreasyonda yer alan lojistikte bilimsel teknolojinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Turizm sektöründe dijital lojistikte eğitim uygulamaları gerekli olduğu bilinmektedir. Buna benzer Turgut (2023) tarafından yapılan araştırmada analizlerin sonuçlarına bakıldığında lojistik faaliyetlerinde dijital teknoloji boyutu ve dijitalleşme seviyesi çalışanların hizmet süresi ve tecrübelerine göre farklılık göstermektedir. Uzun süre çalışanların yeni işe başlayanlara göre dijitalleşme boyutunun daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum için kurum işleyişini ve iş süreçlerini bilmeleri önemli olduğu bilinmektedir. Bu nedenle işe girecek olan kişilerin yeni teknolojilere adapte olmalarına ve halihazırda çalışan personellerin kariyer gelişimlerine önem verilmelidir. Bu neticede vasıflı eleman işe alma ve çalışan elemanların teknoloji hakkında bilgileri takip etmek için gerekli eğitim ve etkinlik hizmetlerini alması önerilebilir. Coşmuş (2023) tarafından yapılan araştırma sonuçları incelendiğinde lojistikte dijitalleşmeye geçmek isteyen işletmede yeni veriler biriktirilmeli ve bu veriler işlenerek depolanmalı ve bu görev tanımları düzenin sağlanması için gerekli sistem kurulmalıdır. Ekipte yer alanların görev tanımları tanımlanmalı ve tüm ekip uzman kişilerden oluşmalıdır. Yöneticilerin

sisteme hakim olabilmesi için yeteneklerin, yönetim sistemleri ve kaynakların kullanılması gerekmektedir.

Turizmde lojistik için dijitalin katkıları önemlidir. Lojistiğin alt sistemlerin işleyişlerinin sonuçları dikkate alınarak ayrıca bireysel unsurların etkileşim bilgileri, lojistik sisteminin işleyişinin etkinliğini tamamen artırır. Bu durum turizm organizasyonları için ciddi önemlidir (Lif ve Laf, 2020).

Turizm alanında blok zincir teknolojisinin kullanılması lojistik faaliyetlerinde gerçek zamanlı izlenebilirliği sağlamaktadır. Blok zincir teknolojisi, akıllı lojistik faaliyetlerinde ürün takibi, finansman aktarımı, bilgi akışı gibi alanlarda kullanılmasıyla lojistikte önemli değişikliklerin ve farkındalıkların oluşmasını sağlayacaktır. Blok zincir bütün bilgisayar sistemlerin ağında çoğaltılıp dağıtılan ve işlemlerin kaydedildiği ve kullanıcıya güvenli veri ve bilgi akışını sağlayan dijital bir defterdir. Bu sistemin değişim ve hacklenmesi imkansızdır ve bu sayede siber saldırılara karşı kalkan oluşturabilmektedir. Blok zincir teknolojisi kriptoloji ve şeffaf yapısından dolayı taraflar arasında bilgi akışında güvenli ve tam zamanlı olmasını sağlar. Bu sistem aracı kurumları kaldırarak kurumlar arasında anlaşılan hizmet faaliyetleri ve ödemeleri güvenli ve hızlı olmasını sağlar. Blok zincir teknolojisinde yer alan Radyo Frekanslı Tanımla (RFID) özelliği ile nesneler arası iletişim kurulması sayesinde insan gücüne ihtiyaç duyulmadan elleçleme, dağıtım ve ambalajlama gerçekleşmektedir. Gerçekleşen bütün işlemlerin kayıt altında olup ve yok olmamasının sağlanması lojistik faaliyetlerinde blokların kullanıldığı sürece sağlanmaktadır (Tekin vd., 2020).

Blok zincir teknolojisi çok fazla paydaşın bir arada faaliyetlerin gerçekleştirdiği kapsamlı bir sistemdir. Bu teknolojinin sadece lojistik işletmeleri kalmayıp uygulamaların olabileceği diğer bütün sektörlerde de entegre halinde bir çalışma olması gerekmektedir. Lojistik şirketlerinde blok zincir sayesinde operasyon el maliyetlerin azaltılmasında, sevkiyat gecikmelerin önlenmesi gibi ihtiyaçların giderilmesinde önemli katkıların olacağı düşünülmektedir. Ayrıca Blok zincir teknolojisi, nesnelerin interneti, akıllı sözleşmeler, yapay zeka gibi diğer teknolojiler ile faaliyetlerin verimliliğini artırılmasında ve devamında sürdürülebilir verimliliğini elde edilmesi için yeni çözümler sağlayacağı beklenilmektedir (Tektaş ve Kırbaç, 2020).

KAYNAKÇA

- Acar, A. Z., Kara, K., & Gül soy, E. (2021). Tedarik zinciri uygulamalarının otel işletmelerinin performansına etkisi: Bursa ili örneği. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(78), 569-589. 10.17755/esosder.718619
- Adıgüzel, S. (2019). *Lojistik 4.0*. (1. Basım). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Alım, M., & Ercan, U. (2022). “Sürdürülebilir Lojistik”, *Uluslararası Ticaret ve Lojistik 4.0: Güncel Trend ve Uygulamalar*, Editörler: Gökhan Akan dere, Fatih Cura, SSK. 183-200, Eğitim Yayınevi, İstanbul.
- Alkış, G., Piritini, S. & Ertesel, A. V. (2020). Lojistik Sektöründe Endüstri 4.0 Uygulamalarının Operasyon el Verimliliğe Etkisi. *Business & Management Studies: An International Journal*, 8(1), 371-395.
- Arbatskaya, E., & Khoreva, L. (2021). Blockchain as an innovative digitalization achievement in Logistics of ece-tourism. In *E3S Web of Conference* (Vole. 258, p. 02016). EDP Sciences.
- Baki, B., & Serdar, D. (2020). Sanayi 4.0 Olgunluk Düzeyinin Değerlendirilmesine Yönelik Çok Kriterli Bir Yaklaşım: Lojistik Sektörü Uygulaması. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 38(4), 655-693
- Balcı, E. (2020). Lojistik Sektörünün Uluslararası Alanda Dijitalleşme Süreci ve Türkiye'ye Etkileri. *Proquest*.
- Baltacı, İ. (2020). *"Lojistik Sektöründe Dijital Olgunluk Seviyesinin Ölçülmesi ve Bir Uygulama"*. Bahçe şehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik Yönetimi Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Bilgiç, E., Türkmenoğlu, M. A., & Koçak, A. (2020). Dijitalleşmenin Lojistik Yönetimi Bağlamında İncelenmesi. *Akademik İzdüşümü Dergisi*, 5(1), 56-69.
- Bondarenko, S., Rusavska, V., Niziaieva, V., Manushkina, T., Kachanova, T., & Ivaniuk, U. (2021). Digital Logistics in flock Management in tourism. *Journal of Information Technology Management*, 13(Special Issue: Role of ICT in Advancing Business And Management), 1-21.
- Bostan, A., & Ravanoğlu, G.A. (2021). *Kırgızistan da Sağlık Turizminde Yeni Trendler ve Kimiz Örneği*. *Yeni Türkiye*, 27 (121), 279–293.
- Bozkurt, S. (2022). *Dijital Dönüşüm Sürecinde Lojistik Firmalarının Sağladığı Hizmet Kalitesinin Belirlenmesi: Lojistik Hizmet Alan Firmalar Üzerine Bir Araştırma*. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Sivas.

- Burger, M., Keseler, M., & Arlinghaus, J. (2021). "Aiming For Industry 4.0 Maturity? The Risk Of Higher Digitalization Levels in Buyer-Supplier Relationships", *Procedia CIRP*, c. 104, SSK. 1529-1534.
- Burroughs, B., & Burroughs, W. J. (2020). Digital Logistics: Enchantment in distribution channels. *Technology in Society*, 62, 101277.
- Cichosz, M., Wallenburg, C. M., Knemeyer, A.M. (2020) "Digital transformation at Logistics service providers: barriers, success factors And leasing Practices", *The International Journal of Logistics Management*, c. 31(2), SSK. 209-238.
- Coşmuş, Ş. (2023). *Çok kriterli karar verme yaklaşımları ile lojistikte dijitalleşmeye geçiş stratejisi belirleme: Bartın ili örneği* Bartın Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Bilgi ve Lojistik Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Bartın.
- Çiçekdağı, M. (2019). *Otel İşletmelerinde Gıda Lojistiği ve Tedarik Zinciri Yönetimi Stratejileri: Bir Araştırma*, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Konya.
- Dilek, Ş., & İnfaz, S. (2020). Küreselleşme Sürecinde Teknolojik Dönüşümün Lojistik Sektörüne Etkileri. *Beykoz Akademi Dergisi*, 30-49.
- Doç, J. (2020). The Impact Of Digitalization On Supply Chain Efficiency. *International Journal of Logistics Management*, 213-234.
- Dönmez, E., Kaya, E. ve Yıldız, K. (2021). 21. Yüzyıl Yaz Olimpiyat Oyunlarında Teknoloji Kullanımı Üzerine Bir İnceleme. *Ulusal Spor Bilimleri Dergisi*, 5(1), 26-39.
- Duygun, A. ve Subaşı, M. (2023). The Effects of Logistics Activities on Participant Satisfaction in Sports Organizations. *GSI Journal Serce A: Advancements in Tourism Recreation And Sports Sciences*, 6(1), 236-247. DOI: 10.53353/atrss.1189421.
- Fırat, S. (2023). Küresel Krizlerin Türk Lojistik Sektörüne Etkileri: 2008 Küresel Finansal Krizi ve COVID-19 Sağlık Krizi. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(1), 89-102. DOI: 10.52791/aksarayiib.978854.
- Haseki, M. İ., & Avşar, İ. İ. (2023). Turizm Ve Lojistik Odaklı Verilere Göre Türkiye Ve Avrupa Birliği Ülkelerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Sıralaması Ve K-Ortalamlar Algoritmasıyla Kümelemesi. *Turizm Ekonomi ve İşletme Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 75-88.
- Herold, D. M., Breitbarth, T., Schulenkorf, N. & Kummer, S. (2020). Spora Logistics Research: Reviewing And Lying Marking Of A New Field. *The International Journal of Logistics Management*, 31(2), 357-379

- Kalaycı, S. (2023). *Lojistik Sektöründe Departman Bazlı Dijital Skor Hesaplama: Örnek Olay Çalışması*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sistem Mühendisliği Programı. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Kamacı, K. ve ÖZ, M. (2024), *Quantitative Analysis of Factors Affecting THA Choice of Distribution Channel as a Strategic Supply Chain Function*, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksek okulu Dergisi, Cilt:27, Sayı: 2, ss.823-832
- Karagöz, H. (2022). Dijital Çağda Yönetimde Yeni Bir Anlayış: Dijital İkiz Entegrasyonu. S. Ceyhan & S. Ada (Ed.), *Dijital Çağda Yönetim Üzerine Güncel Konular ve Araştırmalar içinde* (s.67-86). Nobel Yayınevi.
- Karagöz, H. (2024). Psikolojik İyi Oluş ve Birey-Örgüt Uyumuna Dair Nicel Bir Çalışma: Mobilya İmalatı Sektöründe Bir Araştırma. *Journal of History School*, 70, 1589-1617.
- Karakuş, F. (2020). *Endüstri 4.0 Sürecinde Lojistiğin Yiyecek ve İçecek Endüstrisine Etkisi*. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir.
- Karlı, H., & Tanlaş, M. (2020). Lojistik Yönetiminin Dijital Dönüşümü: Akıllı Lojistik Üzerine Sistemik Literatür Haritalaması. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 7(2), 613-632.
- Keser, S. B., Sarıççek, İ., & Yazıcı, A. (2020). İç Lojistikte Otonom Robotlar İçin Görev Planlaması. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(2), 117-127.
- Kodum, O., Kubaş, L. ve Kafka, L. (2020). Risks associated with Logistics 4.0 And tehir minimization using Blockchain. *Open Engineering*, 10(1), 74–85.
- Kutlu, H., (2023). “*Lojistik 4.0 Kavramı ve Lojistik Bilgi Teknolojileri*”, Erişim Tarihi: 30.09.2024. <https://lojistikbilimi.com/lojistik-4-0-kavrami-ve-lojistik-bilgi-teknolojileri/>, bu adresten alınmıştır.
- Küçük, O. ve Küçük, N. (2019). “*Helal Lojistik Performans Düzeyi ile Müşteri Memnuniyeti İlişkisinin Belirlenmesi: Bir Uygulama.*” , 169–177.
- Lif, P., Lan, H. ve Cheng, Y. (2019). Building A Ford Cold Chain Logistics Network Of Largo Sports Evet: A Muti-Dimensional Conceptual Framework. IMMS 2019: 2019 2nd International Conference On Information Management And Management Sciences, Chengdu China August 23 –25,2019. Erişim Tarihi: 28.10.24. <https://dl.acm.org/action/showFmPdf?doi=10.1145%2F3357292> adresinden teslim alındı.

- Lif, X., & Laf, R. (2020). Network Analysis Of Biç Data Research In Tourism. *Tourism Management Perspectives*, 33, 100608.
- McKinsey. (2023). Digital Transformation: Raising Supply-Chain Performance To New Levels.Erişim tarihi:30.10.2024 <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/digital-transformation-raising-supply-chain-performance-to-new-levels>, bu adresten alınmıştır.
- Millet, Y. , Fidan, Y. & Öz, S. (2023). Effects of fule tepe on marizime transportation's pollution: An EEOI Applications. *Ömer Halis demir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(1), 66-78. DOI: 10.25287/ohuibf.1087108.
- Öztürk, H. M. (2020). *Technological Development: Industry 4.0 And Its Effects on THA Tourism Sector*. In Handbook of Research on Mart Technology Applications in THA Tourism Industry (PPP. 205-228). IGI Global.
- Sağbaşı, A. ve Gülseren, A.(2019). “Endüstri 4.0 Perspektifinde Sanayide Dijital Dönüşüm ve Dijital Olgunluk Seviyesinin Değerlendirilmesi”, *European Journal of Engineering And Applied Sciences*, 2(2), 1-5.
- Sayın. K., ve Karaman, A. (2019). *Endüstri 4.0 ve Turizm 4.0 Arasındaki İlişki*. Konya: Eğitim Yayınevi.
- Şahin, İ. & Ezel Aydın ocak, E. (2023). Online Perakendecilikte Lojistik Hizmet Kalitesinin Müşteri Tarafından Algılanan Değer Aracılığıyla Müşteri Sadakatine Etkisi . *Niğde Ömer Halis demir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* , 4(2), 122-148. DOI: 10.56574/nohusosbil.1200822.
- Tana, X. (2020). Research on mart Logistics model basen on Internet of Things Technology. *IEEE Access*, 8, 151150-151159.
- Taşkın, S. (2022). *Edirne Turizminin Lojistik Regresyon İle Analizi* . Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Bursa.
- Tekin, M., Öztürk, D., & Bahar, İ. (2020). Akıllı lojistik faaliyetlerinde blok zincir teknolojisi. *Kent Akademisi*, 13(3), 570-583.
- Tektaş, B., & Kırbaç, G. (2020). Lojistik Sektöründe Blok zinciri Teknolojisinin Kullanılmasına Yönelik Bir Vaka Analizi İncelemesi ve Lojistik Şirketi Uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(3), 343-356.
- Tine, C.Y., Kulen, C. M., Chung-Mil, W., Yuf, W. H. (2023). "Assessing THA Digital Transformation Maturity of Motherboard Industry: A Fuzzy AHP Approach", *BOHR International Journal of Finalce And Market Research*, 1(1), 68-81.

- Tunalı, B. (2024, Eylül 24). Spor Lojistiği: Büyük Etkinliklerin Ardındaki Güç. Erişim Tarihi:25.10.2024, <https://www.lojistiktv.com.tr/basari-hikayeleri/2024/spor-lojistigi-buyuk-etkinliklerin-ardindaki-guc/2507>, bu adresten alınmıştır.
- Turgut, M. (2023). Dijitalleşmenin Uluslararası Ticarete Lojistik Performans Üzerine Etkisi: Dijitalleşmeye Bağlı Lojistik Performans Ölçümüne Yönelik Bir Model Önerisi.
- Türkoğlu, M. & Duran, G. (2023). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Bölgesel Kapsamlı Ekonomik Ortaklık (RCEP) Ülkelerinin Lojistik Performanslarının Değerlendirilmesi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 15(1), 45-69. DOI: 10.55827/ebe.1247297.
- Ulusoy, G. (2019). *Endüstri 4.0 Uygulamalarının Lojistik Sektöründe Operasyon el Verimlilikle İlişkisi Üzerine Bir Araştırma*. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Uslu, F., & Tekin, Z. (2021). Pandemi Sürecinde Drene Kullanımı: Geleceğin Lojistik Teknolojileri. *İibf Bingöl Kongre*.
- Üzmez, S. S., ve Büyükbaşa, T. (2021). Dijitalleşme Sürecinde Bilgi Yönetiminin İşletmelerin Teknoloji Uyumuna Etkileri. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 123-124.
- Winkelhaus, S. ve Gresse, E. H. (2020). Logistics 4.0: a Systematic review Towards a New Logistics Systems. *International Journal of Production Research*, 58(1), 18-43.
- Yıldız, S. (2021). Turizm Sektöründe Tedarik Zinciri Yönetimi Üzerine Genel Bir Değerlendirme. *International Journal of Social And Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 8(65), 106-117.
- Yılmaz, Ü. ve Duman, B. (2019). Lojistik 4.0 Kavramına Genel Bir Bakış: Geçmişten Bugüne Gelişim ve Değişimi. *Bilecik Şeyh Edebili Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 186-200.
- Zhang, A., Venkatesh, V. G., Lif, Y., An, M., UQ, T. ve Huisin, D. (2019). Barriers to waste Management For a circular economy in China. *Journal of Cleaner Production*, 24.

2. Bölüm

Bedensel Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü Öğrencilerinin Bireysel Yaratıcılık Düzeylerinin İncelenmesi

Dilek YALIZ SOLMAZ¹

GİRİŞ

Yaratıcılık kavramı, disiplinlere, ekollere ve kuramsal yaklaşımlara göre farklı biçimlerde tanımlanmakta ve yorumlanmaktadır. Torrance (1977) yaratıcılığı “...sorunlara yeni bir bakış açısı getirmek” ve “fikirleri yeniden birleştirmek ya da fikirler arasında yeni ilişkiler görmek...” olarak tanımlamaktadır. Franken (1998) yaratıcılığı, “sorunların çözümünde, başkalarıyla iletişimde ve kendimizi ya da başkalarını eğlendirmede faydalı olabilecek fikirler, alternatifler veya olasılıkları üretme ya da tanıma eğilimi” olarak açıklamaktadır. Yaratıcılık tanımlarında öne çıkan iki unsur yenilik ve kullanışlılıktır (Plucker, Beghetto ve Dow, 2004; Sternberg, 2006). Yaratıcı olmak, kişilerin özgün fikirler üretmelerini ya da karmaşık görevleri yerine getirirken farklı bir bakış açısına sahip olmalarını sağlar (Bottani, 2010; Carr ve Tomasco, 2010). Yaratıcılık; heyecan verici fikirlerin ve problemlere değerli çözümlerin üretimi olarak görülebilir (Amabile, 2018; Henriksen ve ark., 2018).

Eğitim bağlamında ise yaratıcılık, öğrencilerin düşünme süreçlerini geliştiren, öğrenmeye olan ilgilerini artıran ve problem çözme kapasitelerini destekleyen önemli bir beceri olarak görülmektedir (Ülger, 2025). Günümüzde hızla değişen toplumsal, kültürel ve teknolojik koşullar; bireylerin yalnızca var olan bilgiyi tekrarlayan değil, aynı zamanda farklı bakış açılarıyla problemlere çözüm üretebilen ve yenilikçi düşünceler geliştirebilen niteliklere sahip olmalarını gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda, eğitim sistemlerinde yaratıcılık, öğrencilerin 21. yüzyıl becerileriyle donatılmasında kritik bir unsur olarak görülmektedir (Henriksen ve ark., 2018).

Öğretmen adaylarının yaratıcılık düzeyleri, yalnızca bireysel gelişim açısından değil, aynı zamanda mesleki yeterlilikler bağlamında da büyük önem taşımaktadır. Yaratıcılık öğretilir ve geliştirilebilir bir nitelik olarak değerlendirilmektedir (Piirto, 2021). Yaratıcı kişilik özelliklerine sahip

¹ Doç. Dr., Eskişehir Teknik Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü, ORCID: 0000-0003-0497-215X.

öğretmenlerin, öğrencilerin yaratıcılığının gelişiminde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Senemoğlu, 2018). Ayrıca, öğrenme ortamı, yaratıcı düşünme becerilerinin gelişimini etkileyen temel unsurlardan biri olarak öne çıkmaktadır; zira öğrenme ortamı ile öğrenme çıktıları arasında anlamlı ilişkiler olduğu gösterilmiştir (Bland ve Sharma Brymer, 2012). Bu bağlamda, öğrencilerin yaratıcı düşünme becerilerini geliştirebilecek yenilikçi, ilgi çekici ve uyarıcı öğrenme ortamları tasarlayabilen yaratıcı öğretmenler, yaratıcılığın gelişimine önemli katkılarda bulunabilir (Arrington, Moore ve Bagdy, 2021; Kranyik ve Bartlett, 1965).

Beden eğitimi ve spor alanı, doğası gereği yaratıcılığı teşvik eden bir disiplin olarak öne çıkmaktadır. Spor faaliyetleri; strateji geliştirme, yeni hareket kombinasyonları üretme, farklı taktikler deneme ve özgün performans sergileme gibi yaratıcı süreçlere dayanmaktadır. Beden Eğitimi öğretmenleri, çocukların gelişim sürecinde karşılaşacakları problemlere farklı bakış açıları ve alternatif çözüm yolları geliştirebilme becerilerini kazanmalarında önemli bir rol oynamaktadırlar. Bu öğretmenler, öğrencilerin yalnızca fiziksel becerilerini geliştirmekle kalmayıp aynı zamanda düşünme süreçlerini ve yaratıcı problem çözme yeteneklerini destekleyerek, öğrencilerin kendi başarılarına çözüm üretme kapasitelerini artırmaktadırlar. Özellikle mesleki deneyim kazandıktan sonra, yaratıcılık ve problem çözme becerilerini etkin bir biçimde kullanabilen öğretmenler, karşılaştıkları mesleki sorunların yanı sıra, öğrencilerinin ve sporcularının hem okul hem de spor ortamlarında karşılaştıkları güçlükleri hızlı, etkili ve yenilikçi yöntemlerle çözebilirler (Yıldız ve ark., 2011). Bu bağlamda, öğretmenlerin yaratıcı pedagojik yaklaşımları ve esnek düşünme becerileri, eğitim ve spor ortamlarının daha işlevsel, katılımcı ve motive edici hâle gelmesini sağlayarak öğrencilerin genel gelişimlerine doğrudan katkı sunmaktadır. Dolayısıyla beden eğitimi ve spor öğretmen adaylarının yaratıcılık düzeylerinin belirlenmesi, bu alanda mesleki yeterliliklerin geliştirilmesine doğrudan katkı sunacaktır.

Beden eğitimi ve spor öğretmen adaylarının bireysel yaratıcılık düzeylerini inceleyen çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle, söz konusu adayların yaratıcılık düzeylerini belirlemek ve ilgili değişkenlerle ilişkisini ortaya koymak, hem alan yazına katkı sağlamak hem de öğretmen yetiştirme süreçlerinin geliştirilmesine ışık tutmak açısından önem arz etmektedir. Bu doğrultuda, mevcut araştırmanın amacı beden eğitimi ve spor öğretmen adaylarının bireysel yaratıcılık düzeylerini incelemek ve bu düzeyleri çeşitli değişkenler açısından değerlendirmektir. Çalışmada şu alt amaçlara yanıt aranmıştır:

- Beden eğitimi ve spor öğretmen adaylarının bireysel yaratıcılık düzeyleri ne düzeydedir?
- Beden eğitimi ve spor öğretmen adaylarının bireysel yaratıcılık düzeyleri cinsiyete göre farklılık göstermekte midir?
- Beden eğitimi ve spor öğretmen adaylarının bireysel yaratıcılık düzeyleri sınıf düzeyine göre değişmekte midir?
- Beden eğitimi ve spor öğretmen adaylarının bireysel yaratıcılık düzeyleri akademik başarı değişkeni açısından farklılaşmakta mıdır?

Materyal ve Yöntemler

Araştırma Dizaynı

Çalışma, genel tarama modellerinden biri olan tekil tarama modeli kullanılarak yürütülmüştür. Bu modelde temel hedef; incelenen birey, olay, nesne, konu ya da grubun sahip olduğu özelliklerin ayrı ayrı belirlenip betimlenmesidir (Karasar, 2009).

Katılımcılar

Araştırma grubunu, Eskişehir Teknik Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği bölümünde öğrenim gören toplam 144 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Veriler 2024-2025 akademik yılı bahar döneminde toplanmıştır. Katılımcıların %54,9'unu kadın, %45,1'ini ise erkek öğretmen adayları oluşturmaktadır. Sınıf düzeyleri incelendiğinde; %22,9'unun 1. sınıf, %24,3'ünün 2. sınıf, %37,5'inin 3. sınıf ve %15,3'ünün ise 4. sınıf ve üstü düzeyde öğrenim gördüğü belirlenmiştir. Not ortalamalarına bakıldığında ise katılımcıların %55,6'sının 2.01–3.00 aralığında, %44,4'ünün ise 3.01–4.00 aralığında yer aldığı görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Öğretmen adaylarına ilişkin betimsel istatistikler

Değişken	Grup	n	Yüzde
Cinsiyet	Kadın	79	54.9
	Erkek	65	45.1
Sınıf Düzeyi	1. Sınıf	33	22.9
	2. Sınıf	35	24.3
	3. Sınıf	54	37.5
	4. Sınıf ve üzeri	22	15.3
Not ortalaması	2.01-3.00 arasında	80	55.6
	3.01-4.00 arasında	64	44.4

Veri Toplama Aracı

Bu çalışmada, katılımcıların bireysel yaratıcılık düzeylerini değerlendirmek amacıyla Balay (2010) tarafından geliştirilmiş olan “Bireysel Yaratıcılık Ölçeği (BYRTCLKÖ)” kullanılmıştır. Beşli Likert tipinde düzenlenen ölçek, tek boyuttan oluşmakta ve 16 maddeden meydana gelmektedir. Ölçeğin geliştirilmesine ilişkin çalışmada güvenirlik katsayısı .93 olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra ölçeğin yapı geçerliliğine yönelik bulgular incelendiğinde, Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) değerinin .85 olduğu, faktör yüklerinin .622 ile .919 arasında değiştiği ve toplam varyansın %69.769’unu açıkladığı görülmektedir. Bu araştırmada gerçekleştirilen güvenirlik analizinde ise Cronbach Alpha katsayısı .96 olarak hesaplanmış, ölçeğin yüksek düzeyde güvenilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Verilerin Analizi

Araştırmada verilerin istatistiksel çözümlmeleri SPSS 25 paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Öncelikle, dağılımın normalliği test edilmiş; çarpıklık ve basıklık katsayılarına göre (-2 ile +2 aralığında), verilerin normal dağılım varsayımını karşıladığını göstermiştir. İkili grup karşılaştırmalarında bağımsız örneklem t-testi kullanılırken, ikiden fazla gruba yönelik karşılaştırmalarda tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Tüm istatistiksel değerlendirmelerde anlamlılık düzeyi 0.05 olarak esas alınmıştır.

Tablo 2. Ölçeğe ilişkin çarpıklık ve basıklık değerleri

	Çarpıklık		Basıklık	
	İstatistik	Std. Hata	İstatistik	Std. Hata
BYRTCLKÖ	-1.240	.202	1.741	.401

Bulgular

Araştırmadaki amaçlara yönelik olarak yapılan analizlerden elde edilen bulgular bu bölümde verilmiştir.

Tablo 3. Katılımcıların BYRTCLKÖ ilişkin bulgular

	N	$\bar{x}$	SS.	Min.	Max.
BYRTCLKÖ	144	3.82	.78	1.00	5.00

Tablo 3’te sunulan bulgular incelendiğinde, öğretmen adaylarının bireysel yaratıcılık ölçeğinden elde ettikleri puan ortalamasının $3.82 \pm .78$ olduğu belirlenmiştir. Bu ortalama değer, öğretmen adaylarının bireysel yaratıcılık

düzeylerinin genel olarak orta seviyede olduğunu göstermektedir. Ölçekten elde edilen puan dağılımı dikkate alındığında, katılımcıların büyük çoğunluğunun yaratıcılık düzeylerinin ne düşük ne de yüksek, daha çok orta düzeyde yoğunlaştığı söylenebilir.

Tablo 4. Katılımcıların cinsiyetlerine göre BYRTCLKÖ ilişkin bulgular

Cinsiyet		N	$\bar{x}$	SS.	t	p
BYRTCLKÖ	Kadın	79	3.74	.79	-1.420	.16
	Erkek	65	3.92	.76		

Tablo 4'teki sonuçlar değerlendirildiğinde, katılımcıların cinsiyete göre bireysel yaratıcılık düzeylerinde farklılık olup olmadığını tespit etmek amacıyla yapılan t-testinin sonucunda, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı ortaya çıkmıştır ($t = -1.420$; $p > .05$). Bu bulgu, kadın ve erkek öğretmen adaylarının bireysel yaratıcılık düzeylerinin benzer olduğunu ve cinsiyetin bu değişken üzerinde belirleyici bir etkisinin bulunmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 5. Katılımcıların sınıf düzeylerine göre BYRTCLKÖ ilişkin bulgular

Sınıf Düzeyi		N	$\bar{x}$	SS.	F	p
BYRTCLKÖ	1. sınıf	33	3.82	.69	.658	.58
	2. sınıf	35	3.81	.68		
	3. sınıf	54	3.91	.64		
	4. sınıfı ve üzeri	22	3.62	1.23		

Tablo 5 incelendiğinde, sınıf değişkenine göre katılımcıların bireysel yaratıcılık düzeylerinin farklılaşıp farklılaşmadığını incelemek için yapılan ANOVA sonucunda, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($F = .658$; $p > .05$). Bu bulgu, öğrenim yılı ile bireysel yaratıcılık düzeyleri arasında belirgin bir ilişki olmadığını göstermektedir.

Tablo 6. Katılımcıların not ortalamalarına göre BYRTCLKÖ ilişkin bulgular

Not Ortalaması		N	$\bar{x}$	SS.	t	p
BYRTCLKÖ	2.01-3.00 arasında	80	3.79	.85	-.570	.57
	3.01-4.00 arasında	64	3.86	.69		

Tablo 6 incelendiğinde, öğretmen adaylarının bireysel yaratıcılık düzeylerinin, not ortalamalarına göre farklılaşıp farklılaşmadığını tespit etmek amacıyla yapılan t-testi sonuçları sunulmaktadır. Analiz bulgularına göre, yüksek ve düşük not ortalamasına sahip öğrenciler arasında bireysel yaratıcılık puanları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($t = -.570$; $p > .05$). Bu sonuç, öğrencilerin akademik başarı düzeylerinin bireysel yaratıcılık üzerinde belirleyici bir etkisi olmadığını göstermektedir. Başka bir ifadeyle, öğretmen adaylarının yaratıcı düşünme potansiyeli, akademik not ortalamalarından bağımsız olarak benzer düzeylerde seyretmektedir.

Tartışma

Bu araştırmada, öğretmen adaylarının bireysel yaratıcılık düzeyleri ve demografik değişkenlerle ilişkisi incelenmiştir.

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlara göre öğretmen adaylarının bireysel yaratıcılık düzeylerinin genel olarak orta seviyede olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuç, öğretmen adaylarının belirli bir düzeyde bireysel yaratıcılık potansiyeline sahip olduklarını göstermektedir. Bununla birlikte, bireysel yaratıcılık eğitim-öğretim süreçlerinde kritik bir rol oynadığı dikkate alındığında, mevcut düzeyin geliştirilmesi gerektiği söylenebilir. Özellikle öğretmen adaylarının mesleki yeterliklerini artırmaya yönelik eğitim programlarında, bireysel yaratıcılığı destekleyen uygulamaların yer alması; yenilikçi öğretim yöntemleri, yaratıcı drama, proje tabanlı öğrenme ve işbirlikli etkinlikler gibi yaklaşımların programa entegre edilmesi, yaratıcılık düzeylerini daha üst seviyelere taşımada etkili olabilir. Dolayısıyla bu bulgu, öğretmen yetiştirme sürecinde yaratıcı potansiyelin daha fazla önemsenmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu sonuç, önceki çalışmalarla uyumludur; Yenice ve Yavaşoğlu (2018) tarafından fen bilgisi öğretmen adayları ile gerçekleştirdikleri araştırmalarının sonucunda bireysel yaratıcılık düzeylerinin orta seviyede olduğu görülmüştür. Benzer şekilde Karakaş (2016)'nın okul öncesi öğretmen adayları üzerinde gerçekleştirmiş olduğu araştırmanın sonucunda adayların yaratıcılık seviyelerinin orta düzeyde olduğu görülmüştür. Alan yazında öğretmen adaylarıyla yapılmış benzer araştırmalara da rastlanmıştır (İşler ve Bilgin, 2002; Çetingöz, 2002; Gülel, 2006; İşleyen ve Küçük, 2013). Ayrıca Zeytun (2010) okul öncesi öğretmen adayları üzerinde yaptığı araştırma sonucunda ise adayların yaratıcılık düzeylerinin ortalamadan oldukça yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Cinsiyet değişkenine göre yapılan analizler, kadın ile erkek öğretmen adayları arasında bireysel yaratıcılık düzeylerinde anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Bu sonuç, cinsiyetin bireysel yaratıcılık düzeyleri üzerinde belirleyici bir etkisinin olmadığını ortaya koymaktadır. Diğer bir ifadeyle, hem

kadın hem de erkek öğretmen adaylarının yaratıcılık eğilimleri benzer düzeydedir. Bu bulgu, bireysel yaratıcılığın daha çok kişisel özellikler, eğitimsel deneyimler ve çevresel faktörler tarafından şekillendirilebileceğini, cinsiyet faktörünün ise bu bağlamda belirleyici bir rol oynamadığını düşündürmektedir. Bu bulgu, Deveci ve Kangalgil (2023) öğretmen adayları üzerinde yapmış olduğu araştırmalarının sonucunda cinsiyet değişkenine göre adayların yaratıcılık puanları arasında anlamlı bir farkın olmadığı görülmüştür. Yenice ve Yavaşoğlu (2018) tarafından araştırma sonucunda benzer şekilde cinsiyete göre anlamlı farklılık ortaya çıkmamıştır. Polat (2017) ve Jarial (1982) tarafından yürütülen çalışmalar, cinsiyetler arasında yaratıcılık düzeyleri açısından anlamlı bir farklılık olmadığına işaret etmektedir. Bu bulgu, yaratıcılığın bireysel özellikler ve çevresel faktörlerle daha güçlü ilişkili olabileceğini, cinsiyetin ise belirleyici bir unsur olmayabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, bazı araştırmalar bu görüşle çelişen sonuçlara ulaşmıştır. Nitekim Gülel (2006) ile Gök ve Erdoğan (2011) tarafından yapılan çalışmalar, cinsiyetin yaratıcılık üzerinde etkili olabileceğine dair kanıtlar sunmaktadır. Bu farklılığın, araştırmaların yürütüldüğü örneklem grupları, kullanılan ölçme araçları veya kültürel bağlamlardan kaynaklanabileceği söylenebilir. Öte yandan, Samurçay'ın (1976) lise son sınıf öğrencileriyle gerçekleştirdiği araştırma, kız öğrencilerin erkeklere kıyasla daha yüksek yaratıcı performans sergilediğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, toplumsal cinsiyet rolleri, eğitim ortamlarının sunduğu fırsatlar ve bireylerin yaratıcılıklarını ortaya koyma biçimleri açısından değerlendirildiğinde önem taşımaktadır. Dolayısıyla, alan yazındaki farklılıkların cinsiyetin tek başına belirleyici olup olmadığı tartışmasından çok, yaratıcılığın bağlamsal ve çok boyutlu bir olgu olduğuna işaret ettiği söylenebilir.

Sınıf düzeyine göre yapılan karşılaştırmalar da anlamlı bir farklılık ortaya koymamıştır. Öğrencilerin öğrenim yılı ilerledikçe bireysel yaratıcılıklarının artmadığı gözlemlenmiştir. Bu durum, öğrencilerin öğrenim yılı ilerledikçe bireysel yaratıcılık düzeylerinde kayda değer bir değişim olmadığını ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, alan yazında da öğretmen adaylarının sınıf düzeyleri ile yaratıcılıkları arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmediği çalışmalara rastlanmaktadır (Deveci ve Kangalgil, 2023; Gök ve Erdoğan, 2011; Yenice ve Yavaşoğlu, 2018). Bu sonuç, yaratıcılığın yalnızca akademik ilerleme veya sınıf deneyimi ile sınırlı olmadığını, aynı zamanda bireysel motivasyon ve öğrenme ortamı gibi faktörlerden de etkilendiğini göstermektedir.

Not ortalamalarına dayalı analizler de bireysel yaratıcılık üzerinde anlamlı bir fark göstermemiştir. Bu sonuç, akademik başarı düzeyinin bireysel yaratıcılık üzerinde belirleyici bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Bu sonuç, Karaoğlu, Turan ve Pepe (2016), Runco ve Albert (1986), Plucker, Beghetto ve Dow (2004)

ve Kim (2011)'in çalışma sonuçları ile örtüşmekte Aydın ve Uludağ (2024), Gülel (2006), Sternberg (2006) ve Özdemir (2011)'in sonuçları ile örtüşmemektedir.

Sonuç ve Öneriler

Genel olarak, bulgular öğretmen adaylarının bireysel yaratıcılık düzeylerinin orta seviyede olduğunu ve demografik değişkenler (cinsiyet, sınıf düzeyi ve not ortalaması) bakımından anlamlı farklılık göstermediğini ortaya koymaktadır. Bu durum, bireysel yaratıcılığın daha çok kişisel ve çevresel faktörlerle şekillendiğini düşündürmektedir ve öğretmen yetiştirme programlarında bireysel yaratıcılığı destekleyici etkinliklerin önemini vurgulamaktadır. Öğretmen yetiştirme programlarına yaratıcı etkinlikler, proje tabanlı öğrenme ve yenilikçi öğretim yöntemleri entegre edilmelidir. Öğretmen adaylarının bireysel yaratıcılık ve problem çözme becerilerini destekleyecek grup çalışmaları ve uygulamalı etkinlikler artırılmalıdır. Gelecek araştırmalarda, bireysel yaratıcılığı etkileyebilecek motivasyon, öğrenme ortamı ve kişisel özellikler gibi faktörler daha ayrıntılı incelenmelidir. Uzunlamasına çalışmalar ve müdahale temelli eğitim programları ile öğretmen adaylarının yaratıcı potansiyelinin geliştirilmesine yönelik etkiler gözlemlenebilir.

Kaynakça

- Amabile, T.M. (2018). Creativity and the labor of love. In R. J. Sternberg and J. C. Kaufman (Eds.), *The nature of human creativity* (pp. 1–15). Cambridge University Press.
- Arrington, T.L., Moore, A.L., Bagdy, L.M. (2021). K12 practitioners' perceptions of learning from failure, creativity, and systems thinking: a collective case study. *TechTrends* 65, 636–645. <https://doi.org/10.1007/s11528-021-00596-7>
- Aydın, R., Uludağ M. (2024). Üniversite öğrencilerinin bireysel girişimcilik algıları ile yaratıcı düşünme becerilerinin incelenmesi. *Disiplinler arası Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 8(19), 282-310, <https://doi.org/10.57135/jier.1581433>
- Balay, R. (2010). The organizational creativity perceptions of academic staff. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences (JFES)*, 43(1), 41-78. https://doi.org/10.1501/Egifak_0000001190
- Bland, D., Sharma Brymer, V. (2012). Imagination in school children's choice of their learning environment: An Australian study. *International Journal of Educational Research*, 56, 75-88. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2012.06.002>
- Bottani, E. (2010). Profile and enablers of agile companies: An empirical investigation. *International Journal of Production Economics*, 125(2), 251-261. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.02.016>
- Carr, A., Tomasco, S. (2010). The most important leadership quality for CEOs? Creativity. *Fast Company*(May 18).
- Çetingöz, D. (2002). Okulöncesi eğitimi öğretmenliği öğrencilerinin yaratıcı düşünme becerilerinin gelişiminin incelenmesi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Deveci, P.B., Kangalgil, M. (2023). Öğretmen adaylarının yaratıcı düşünme becerilerinin incelenmesi. *Journal of Global Sport and Education Research*, 6(3), 74-84. <https://doi.org/10.55142/jogser.1397867>
- Franken, R.E. (1998). *Human motivation*. Pacific Grove, California: Brooks/Cole Publishing Company.
- Gök, B., Erdoğan, T. (2011). Sınıf öğretmeni adaylarının yaratıcı düşünme düzeyleri ve eleştirel düşünme eğilimlerinin incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 44(2), 29-51.
- Gülel, G. (2006). Sınıf öğretmeni adaylarının yaratıcılık düzeylerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

- Henriksen, D., Henderson, M., Creely, E., Ceretkova, S., ˇ Cernochova, M., Sendova, E., ... Tienken, C. H. (2018). Creativity and technology in education: An international perspective. *Technology, Knowledge and Learning*, 23(3), 409–424.
- İşler, A.Ş., Bilgin, A. (2002). Eğitim fakültesi sınıf öğretmenliği adaylarının yaratıcılık hakkındaki düşünceleri. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(1), 133-152.
- İşleyen, T., Küçük, B. (2013). Öğretmen adaylarının yaratıcı düşünme düzeylerini farklı değişkenler açısından incelemesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(21), 199-208.
- Jaral, G.S. (1982). Verbal creativity, self concept and problem solving behaviour: A factor analytic study. *Psycho-Lingua*. 45 (2), 357.
- Karakaş, T. (2016). Okul öncesi öğretmen adaylarının bilimsel yaratıcılıkları. *Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir.*
- Karaoğlu, B., Turan, M.B., Osman, P. (2016). Beden eğitimi ve spor yüksekokulu öğrencilerinin yaratıcılık düzeyleri ile duygusal zekâ seviyelerinin incelenmesi. *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 1(2), 85-99.
- Karasar, N. (2009). Bilimsel araştırma yöntemleri (31. baskı). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kim, K.H. (2011). The creativity crisis: The decrease in creative thinking scores on the torrance tests of creative thinking. *Creativity Research Journal*, 23(4), 285–295. <https://doi.org/10.1080/10400419.2011.627805>
- Kranyik, R.D., Bartlett, A.W. (1965). Creativity and the elementary-school teacher. *The Elementary School Journal*, 66(1), 2-9.
- Özdemir, S.M. (2011). Toplumsal değişme ve küreselleşme bağlamında eğitim ve eğitim programları: kavramsal bir çözümleme. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(1), 85-110.
- Piirto, J. (2021). Organic creativity for 21st century skills. *Education Sciences*, 11(11), 680. <https://doi.org/10.3390/educsci11110680>
- Plucker, J.A., Beghetto, R.A., Dow, G.T. (2004). Why isn't creativity more important to educational psychologists? Potentials, pitfalls, and future directions in creativity research. *Educational Psychologist*, 39(2), 83–96.
- Polat, M. (2017). Sınıf öğretmenlerinin eleştirel düşünme eğilimleri ile yaratıcılık düzeylerinin bazı değişkenlere göre incelenmesi. *Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adıyaman.*
- Runco, M.A., Albert, R.S. (1986). The threshold theory regarding creativity and intelligence: An empirical test with gifted and nongifted children, *The Creative Child and Adult Quarterly*, 11 (4), 212-218.

- Samurçay, N. (1976). ocuk psikolojisi açısından tiyatro. Tiyatro Araştırmaları Dergisi, (26), 7-38.
- Senemoğlu, N. (2018). Gelişim, ğrenme ve ğretim: kuramdan uygulamaya (Development, learning and instruction: from theory to practice). (26th Edition). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Sternberg, R.J. (2006). The nature of creativity. Creativity Research Journal, 18(1), 87.
- Torrance, E.P. (1977). Creativity in the classroom; What research says to the teacher.
- lger, K. (2025). Eğitimde yaratıcı düşünmenin rolü ve önemi açısından gerekliliği üzerine bir araştırma. Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 25(1), 48-66. <https://doi.org/10.53629/sakaefd.1591257>
- Yenice, N., Yavaşoğlu, N. (2018). Fen bilgisi ğretmen adaylarının bireysel yenilikçilik düzeyleri ile bireysel yaratıcılıkları arasındaki ilişkinin incelenmesi. Eğitimde Kuram ve Uygulama, 14(2), 107-128. <https://doi.org/10.17244/eku.334590>
- Yıldız, L., Zırhlıoğlu, G., Yalıncaya, M., Güven, ř. (2011). Beden eğitimi ğretmen adaylarının yaratıcılık ve problem çözme becerileri. 7. Ulusal Beden Eğitimi ve Spor Öğrt. Kongresi 25-27 Mayıs 2011, VAN/YY Eğitim Fakültesi Dergisi zel Sayısı, 18-36
- Zeytun, S. (2010). Okulöncesi ğretmenliği ğrencilerinin yaratıcılık ve problem çözme düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

3. Bölüm

Genç Yetişkin Erkek Bireylerin Egzersiz Bağımlılığı Düzeyleri

İlkay ÇALIŞKAN¹, Gülsün GÜVEN², Dilek YALIZ SOLMAZ³

GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte günümüz dünyasında egzersiz, bireylerin yoğun iş yaşantısı, günlük yaşantı telaşı ile birlikte streslerini azaltmak, daha sağlıklı bir ruhsal, zihinsel yapı ve bedene kavuşmak için en temel ihtiyaçlardan birisi olmuştur. Psikolojik, bilişsel ve bedensel olarak iyi olma hali ile egzersiz arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu belirtilmektedir (Birgönül, 2019).

Egzersiz, belirli bir hedef doğrultusunda belirlenmiş ve şekillendirilmiş düzenli aktiviteler olup, fiziksel kondisyonda iyileşme sağlamak, geliştirmek ya da sürdürmek amacıyla tekrar edilir ve fiziksel uygunluğun çeşitli unsurlarını hedef alır (Tekkurşun ve Türkeli, 2019). Egzersizin içeriğinde yer alan vücudu geliştirmek, fiziksel aktiviteler yapmak ve vücut uygunluğunu korumak gibi unsurlar sağlık ve zindelik sağlamakla birlikte, aynı zamanda egzersiz eylemi sırasında beden idealine veya ideal bedene ulaşılma istendiğine dair belirgin bir gerçekliği işaret eder. Egzersiz, fiziksel uygunluğun korunması veya artırılması amacıyla düzenli ve planlı şekilde gerçekleştirilen fiziksel aktiviteler olarak tanımlanır. Başka bir ifadeyle egzersiz, fiziksel uygunluğu artırmak, geliştirmek veya korumak amacıyla tekrarlanan, planlanmış, şekillendirilmiş ve düzenli olarak yapılan gönüllü fiziksel aktiviteler olarak tanımlanabilir (Beltekin ve Kuyulu 2020).

Serbest ve düzenli zamanlarda yapılan egzersizler, insanların vücutlarını zinde ve formda tutmalarına yardımcı olur. Egzersizin sadece fiziksel faydaları değil, aynı zamanda psikolojik ve mental yararları da mevcuttur. Egzersizin, bireyler üzerinde psikolojik anlamda olumlu etkileri olduğu ve kaygı gibi problemleri azaltmada önemli bir etmen olduğu kanıtlanmıştır (Batuhan ve Aydın, 2020).

Egzersiz, vücudu fiziksel olarak geliştirirken aynı zamanda fiziksel kontrolü de artırır. Sağlık otoriteleri, egzersizin aşırı kilo alımını engellediğini ve vücudu

¹ Eskişehir Teknik Üniversitesi Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalı
ORCID:0009-0002-7189-5385

² Prof. Dr., Eskişehir Teknik Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi ORCID: 0000-0002-2903-4197

³ Doç. Dr., Eskişehir Teknik Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi ORCID: 0000-0003-0497-215X

ideal dengede tuttuğunu sıkça vurgulamaktadır. Fiziksel gelişime ek olarak, egzersiz kan basıncını düzenler, kolesterolü azaltır ve bu etkiler sonucu kalp krizi riskini de azaltır. Fiziksel ve biyolojik yararlarının yanı sıra, düzenli egzersiz yapan kişilerin strese yakalanma olasılıkları, egzersiz yapmayanlara göre daha düşüktür. Dolayısıyla egzersizin; insanlara fiziksel ve biyolojik faydalarının dışında psikolojik olarak da faydaları da vardır (Umut ve Mutlutürk, 2023).

Fiziksel aktivite ve egzersize dair çeşitli pozitif yönlerinin olmasına rağmen negatif etkilerinin olduğunu savunan bazı görüşler de bulunmaktadır (Housenblous ve Downs 2002). Egzersizin sahip olduğu olumsuz etkileri içeren çalışmalarla ilgili olarak, kontrol dışı seviyede yapılan egzersiz faaliyetlerinin bireyin bağımlı olabileceğini öngörmektedir (Adams ve Kirkby, 2002).

Bağımlılık, fiziksel veya psikolojik açıdan olumsuz etkiler yaratsa da bir nesneye, bireye veya varlığa karşı duyulan önlenemez istek olarak da tanımlanmaktadır. Günümüzde bağımlılık kavramı, sadece madde kullanımından değil, aynı zamanda madde dışı davranışsal bağımlılıklardan da bahseder. Özellikle Amerikan Psikiyatri Birliği'nin Ruhsal Bozuklukların Tanısal ve Sayımsal Sınıflandırması gibi kaynaklarda madde dışı bağımlılıkları da tanımlanmıştır (Dağlı ve Yüyen, 2023). Diğer bir tanıma göre bağımlılık, aşırı isteklilik olarak tanımlanmıştır. Bu iddiaya göre çok sayıda aktivite ve davranış açıkça bağımlılık olabilmektedir (Uz, 2015).

Modern toplumda yaygın ve önemli hale gelen bu egzersiz yapma alışkanlığı egzersiz bağımlılığı davranışına dönüşebilmektedir (Yıldırım vd, 2017). Egzersiz bağımlılığı konusunda standartlaşan bir tanımlama yoktur. Buna rağmen, egzersiz bağımlılığı anlatılırken, patolojik bağımlılık, egzersiz sıklığı ya da toleransı gibi psikolojik ve fizyolojik faktörleri de kapsamaktadır. Ancak egzersizin çeşitli yararlarının yanı sıra insanların yaşam tarzını etkileyecek düzeyde bir bağımlılığa dönüşmesi de sağlık problemi olarak belirtilmektedir (Gün, 2018).

Egzersiz bağımlılığı, kişinin egzersiz yapma alışkanlığının kontrolsüz bir şekilde artması ve beklenen tatmin için egzersiz yapma süresinin, sıklığının, yoğunluğunun arttırılarak devam edilmesidir. Buna bağlı olarak egzersiz bağımlılığı, olası sakatlıklara ve sağlık problemlerine neden olmaktadır. Ayrıca kişinin yaşamını egzersiz programına göre düzenlemesi, bu süreçte ailesine ve sosyal çevresine yeterli zaman ayıramaması gibi sorunların oluşmasına da sebep olmaktadır (Adams ve Kirkby, 2002; Zmijewski ve Howard, 2003).

Egzersiz bağımlılığının önemli belirtisi; kişinin zamanının büyük bir kısmını egzersiz yapmakla geçirmeye aşırı istekli hale gelmesi ve bu aktiviteyi sürdürmek için engelleri görmezden gelmesidir. Kontrolsüzce aşırı egzersiz yapma eğilimi, kişinin sağlığına zarar verebilecek fiziksel ve psikolojik sorunlara yol

açabilmektedir. Bu nedenle, egzersiz bağımlılığının belirtileri arasında yer alır ve uygun tedavi gerektirebilir (Demir, 2023).

Egzersiz bağımlılığı, henüz tıbbi bir tanı olarak kabul edilmemiş bir durumdur ve bu konuda literatürdeki tartışmalar devam etmektedir. Egzersiz bağımlılığının tanımı ve sınırları konusunda net bir fikir birliği oluşmamıştır. Bazı uzmanlar egzersiz bağımlılığını, belirli bir egzersiz miktarı veya sıklığına ulaşma konusundaki obsesif takıntı ve bu takıntıya bağlı olarak engellenme durumunda yoğun bir stres hissetme olarak tanımlamaktadırlar. Ancak, egzersiz bağımlılığı ile ilgili daha fazla araştırma yapılması ve bu konuda daha fazla ortak görüş sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle, egzersiz bağımlılığını tıbbi bir tanı olarak ele almaktan ziyade, bireylerin sağlıklı bir yaşam tarzı benimsemelerini teşvik etmek ve dengeli bir egzersiz alışkanlığı geliştirmelerine yardımcı olmak önemlidir (Egorov ve Szabo, 2013).

Egzersiz bağımlılığı, tıpkı diğer bağımlılık türlerinde olduğu gibi fiziksel, psikolojik ve sosyo-kültürel etkiler içerir. Ancak, egzersiz davranışı, genellikle kişisel fiziksel idealin peşinden koşmak amacıyla yapıldığından, bu bağımlılığın ortaya çıkmasında bireysel nedenler diğer bağımlılıklara göre daha fazla etki göstermektedir. Egzersizin bağımlılığa dönüşmesinde etkili olan faktörler arasında vücut idealini yakalama isteği öne çıkar. Bu durum, kişisel arzular, hırs, mükemmeliyetçilik, bireysel özellikler, cinsiyet, medeni durum, eğitim seviyesi, yaş ve bireylerin iş durumu gibi değişkenlerle şekillenir (Katra, 2021).

Egzersize ait bağımlılık halinin oluşumunda çeşitli yönlendiriciler, kişisel özellikler ve tecrübeler birbirleriyle etkileşim üzerinden rol oynar. Bireylerin uğraştıkları fiziksel aktivitelerde uzmanlaşmak sebebiyle egzersiz yapan insanlara göre, stresten uzaklaşmak ya da duygularını değiştirebilmek ve kendi öz benlik saygısını artırabilmek için egzersiz ile meşgul olanlarda bağımlılığa dair risk hali yüzdesi hayli fazladır (Ordu, 2022). Egzersiz bağımlılığı ile gerçek üstü beklentiler, düşük benlik kabulü, üstün bir hedef için yeterince çalışamama tedirginliği gibi durumlar negatif mükemmel olma eylemleriyle de artabilir (Macfarlane vd., 2016).

İnsanların düzenli bir şekilde egzersiz yapmaları gündelik yaşantının bir parçası haline gelmesine rağmen egzersiz bağımlılığının farklı demografik özelliklerdeki gruplardaki yaygınlık düzeyi henüz tam olarak belirlenmemiştir (Birgönül, 2019). Genellikle bir bağımlılık türünün daha çok genç bireylerde oluşması nedeniyle gençlerin egzersiz bağımlılığına yönelik araştırmalar yapmak oldukça önemlidir (Gün, 2018).

Bu çalışma, 21-32 yaş arası erkek bireylerin egzersiz bağımlılığı düzeylerinin bazı değişkenler açısından incelenmesini amaçlamaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Dizaynı

Bu araştırmada, genç yetişkin erkek bireylerin egzersiz bağımlılığı düzeylerini incelemek amacıyla tekil tarama modeli kullanılmıştır. Tekil tarama modeli, tarama araştırmalarının bir türü olup belirli bir olgu veya durumun mevcut koşullar altında betimlenmesini amaçlamaktadır. Tarama modelleri, geçmişte ya da hâlen var olan bir durumu herhangi bir müdahalede bulunmadan olduğu şekliyle ortaya koymayı hedefleyen araştırma yaklaşımlarıdır (Karasar, 2000). Bu bağlamda, araştırmada katılımcıların egzersiz bağımlılığı düzeyleri betimsel olarak ele alınmıştır.

Katılımcılar

Araştırmanın evrenini, genç yetişkin erkek bireyler oluşturmaktadır. Örneklem grubunu ise Ankara ilinde ikamet eden ve evrenden kolayda örnekleme yöntemi ile seçilen katılımcılar meydana getirmektedir. Bu kapsamda, 21–32 yaş aralığında yer alan toplam 631 gönüllü erkek birey araştırmaya dâhil edilmiştir. Katılımcıların demografik özelliklerine ilişkin ayrıntılı bilgiler Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1. Genç yetişkin erkek bireylere ilişkin betimsel istatistikler

Değişken	Grup	N	Yüzde
Yaş	23 ve altı	117	18.5
	24-27 yaş arası	436	69.1
	28 ve yukarısı	78	12.4
Egzersiz yapma yılı	5 ve altı	384	67.6
	6-10 yıl	128	22.5
	11-15 yıl	43	7.6
	16 ve üstü	13	2.3
Lisanslı sporcu geçmişi	Evet	174	27.6
	Hayır	457	72.4
Hissedilen beden kilo algısı	Zayıf	93	14.7
	Normal	464	73.5
	Şişman	74	11.7

Tablo 1 incelendiğinde, katılımcıların %18,5’inin 23 yaş ve altında, %69,1’inin 24–27 yaş aralığında ve %12,4’ünün 28 yaş ve üzerinde olduğu görülmektedir. Egzersiz yapma süreleri açısından, katılımcıların %67,6’sının 5 yıl ve altında, %22,5’inin 6–10 yıl arasında, %7,6’sının 11–15 yıl arasında ve %2,3’ünün ise 16 yıl ve üzerinde egzersiz yaptığı belirlenmiştir. Lisanslı sporculuk geçmişine bakıldığında, katılımcıların %27,6’sının lisanslı sporcu

olduğu, %72,4'ünün ise herhangi bir lisanslı spor geçmişinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, beden algılarına ilişkin bulgulara göre katılımcıların %14,7'si kendini zayıf, %73,5'i normal ve %11,7'si şişman olarak değerlendirmiştir.

Veri Toplama Aracı

Araştırmada, katılımcıların egzersiz bağımlılığı düzeylerini belirlemek amacıyla Egzersiz Bağımlılığı Ölçeği-21 kullanılmıştır. Ölçek, Hausenblas ve Downs (2002) tarafından geliştirilmiş, Türkçe geçerlilik ve güvenirlik çalışması ise Yeltepe ve İkizler (2007) tarafından yapılmıştır. Türkçe uyarlama çalışmasında Cronbach alfa katsayısı .97 olarak belirlenmiş, bu araştırmada yeniden yapılan güvenirlik analizinde ise katsayı .95 bulunmuştur. Bu değer, kabul edilen alt sınır olan .70'in üzerinde olduğundan ölçek güvenilir bir ölçme aracı olarak değerlendirilmiştir. Ölçek, 18 yaş ve üzerindeki bireyler için uygulanabilir olup, 6'lı Likert tipi (1=Asla, 6=Daima) yanıt seçenekleriyle toplam 21 maddeden oluşmaktadır. Ölçekte yer alan maddeler; tolerans, egzersizin kesilmesi, niyet etkisi, kontrol kaybı, zaman, diğer aktiviteleri azaltma ve devamlılık olmak üzere yedi bağımlılık kriterini kapsamaktadır Diğer bir çalışmaya göre ise zaman ve egzersiz tercihi, kontrol eksikliği, geri çekilme etkileri, tolerans, devamlılık alt boyutları olmak üzere 5 bağımlılık kriteri temel alınmıştır (Gürbüz ve Aşçı, 2006). Ölçekten elde edilen puanlara göre; üç veya daha fazla bağımlılık kriterinde yüksek puan alan bireyler egzersiz bağımlısı, orta düzeyde puan alanlar semptomatik (risk grubunda), düşük puan alanlar ise asemptomatik (bağımlı olmayan) olarak sınıflandırılmaktadır.

Verilerin Analizi

Verilerin analizi SPSS 22 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Normal dağılım varsayımını test etmek amacıyla basıklık ve çarpıklık değerleri incelenmiş, elde edilen bulgular verilerin normal dağılım gösterdiğini ortaya koymuştur. Homojenlik varsayımı ise Levene testi ile değerlendirilmiş ve verilerin homojen olduğu belirlenmiştir. Analiz sürecinde frekans, yüzde, ortalama ve standart sapma değerlerinden yararlanılmıştır. Gruplar arası karşılaştırmalarda iki grup için bağımsız örneklem t-testi, ikiden fazla grup için ise tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. ANOVA testi sonucunda gruplar arasında varyans saptanan durumlarda, varyant grubunu belirlemek için Tukey testi kullanılmıştır. Tüm istatistiksel işlemlerde anlamlılık düzeyi .05 olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Araştırmadaki amaçlara yönelik olarak yapılan analizlerden elde edilen bulgular bu bölümde verilmiştir.

Tablo 2. Katılımcıların egzersiz bağımlılığına ilişkin bulguları

	N	$\bar{x}$	SS.
Egzersiz bağımlılığı toplam	631	2.31	.87
Tolerans	631	2.68	1.16
Geri çekilme	631	2.81	1.21
Kontrol kaybı	631	2.14	1.03
Zaman ve egzersiz	631	2.16	.90
Devamlılık	631	2.06	.99

Tablo 2’de katılımcıların egzersiz bağımlılığı düzeyine ilişkin ortalama değerler sunulmaktadır. Katılımcıların genel egzersiz bağımlılığı düzeyinin aritmetik ortalaması 2.31 ± 0.87 olarak belirlenmiştir. Ayrıca egzersiz bağımlılığına ilişkin alt boyutların ortalama değerleri de analiz edilmiştir. Buna göre, tolerans boyutunun aritmetik ortalaması 2.68 ± 1.16 , geri çekilme boyutunun 2.81 ± 1.21 , kontrol kaybı boyutunun 2.14 ± 1.03 , zaman ve egzersiz boyutunun 2.16 ± 0.90 ve devamlılık boyutunun 2.06 ± 0.99 olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, katılımcıların egzersiz bağımlılığı düzeyinin genel olarak orta seviyede olduğunu ve alt boyutlar arasında geri çekilme ile tolerans boyutlarının diğer boyutlara göre daha yüksek değerler sergilediğini göstermektedir.

Tablo 3. Katılımcıların yaşlarına göre egzersiz bağımlılığına ilişkin bulguları

Yaş		N	$\bar{x}$	SS.	F	p
Egzersiz bağımlılığı toplam	23 ve altı	117	2.34	.81	1.907	.149
	24-27 yaş arası	436	2.33	.89		
	28 ve yukarısı	78	2.13	.86		
Tolerans	23 ve altı	117	2.73	1.03	2.638	.072
	24-27 yaş arası	436	2.71	1.18		
	28 ve yukarısı	78	2.40	1.18		
Geri çekilme	23 ve altı	117	2.68	1.09	2.567	.078
	24-27 yaş arası	436	2.88	1.24		
	28 ve yukarısı	78	2.60	1.20		
Kontrol kaybı	23 ve altı	117	2.23	.98	.860	.424
	24-27 yaş arası	436	2.13	1.05		
	28 ve yukarısı	78	2.03	.94		

Zaman ve egzersiz	23 ve altı	117	2.21	.85	1.907	.149
	24-27 yaş arası	436	2.18	.92		
	28 ve yukarısı	78	1.98	.86		
Devamlılık	23 ve altı	117	2.08	.94	.643	.526
	24-27 yaş arası	436	2.07	.99		
	28 ve yukarısı	78	1.94	1.07		

Tablo 3’de katılımcıların yaş gruplarına göre egzersiz bağımlılığı düzeyleri karşılaştırılmıştır. Genel egzersiz bağımlılığı ortalamaları sırasıyla 23 yaş ve altı için 2.34 ± 0.81 , 24-27 yaş arası için 2.33 ± 0.89 , 28 yaş ve üstü için 2.13 ± 0.86 ve toplamda 2.31 ± 0.87 olarak tespit edilmiştir. Alt boyutlar incelendiğinde; tolerans 2.40–2.73, geri çekilme 2.60–2.88, kontrol kaybı 2.03–2.23, zaman ve egzersiz 1.98–2.21, devamlılık 1.94–2.08 aralığında değişmiştir. Yapılan ANOVA analizleri sonucunda, yaş grupları arasında egzersiz bağımlılığı ve alt boyutlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Bu sonuç, katılımcıların yaş düzeyine bağlı olarak egzersiz bağımlılığı ve alt boyutlarının benzer seviyelerde seyrettiğini göstermektedir.

Tablo 4. Katılımcıların egzersiz yapma yıllarına göre egzersiz bağımlılığına ilişkin bulguları

Egzersiz Yapma Yılı		N	$\bar{x}$	SS.	F	p	Fark
Egzersiz bağımlılığı toplam	5 ve altı ^a	384	2.26	.83	10.732	.000	a < b,c,d
	6-10 yıl ^b	128	2.58	.86			
	11-15 yıl ^c	43	2.84	.89			
	16 ve üstü ^d	13	2.94	1.08			
Tolerans	5 ve altı ^a	384	2.63	1.08	7.920	.000	a < b,c
	6-10 yıl ^b	128	3.10	1.24			
	11-15 yıl ^c	43	3.19	1.19			
	16 ve üstü ^d	13	3.07	.98			
Geri çekilme	5 ve altı ^a	384	2.75	1.17	7.507	.000	a < b,c,d
	6-10 yıl ^b	128	3.10	1.21			
	11-15 yıl ^c	43	3.34	1.10			
	16 ve üstü ^d	13	3.76	1.42			
Kontrol kaybı	5 ve altı ^a	384	2.10	1.01	5.190	.002	a < b,c
	6-10 yıl ^b	128	2.38	1.05			
	11-15 yıl ^c	43	2.54	1.09			
	16 ve üstü ^d	13	2.74	1.31			
Zaman ve egzersiz	5 ve altı ^a	384	2.11	.86	9.354	.000	a < b,c,d
	6-10 yıl ^b	128	2.39	.88			
	11-15 yıl ^c	43	2.69	.98			
	16 ve üstü ^d	13	2.82	1.21			
Devamlılık	5 ve altı ^a	384	2.00	.96	8.595	.000	a < b,c
	6-10 yıl ^b	128	2.28	.97			
	11-15 yıl ^c	43	2.70	1.13			
	16 ve üstü ^d	13	2.51	1.30			

Tablo 4 verileri, egzersiz yapma süresinin egzersiz bağımlılığı üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Genel egzersiz bağımlılığı, 5 yıl ve altı egzersiz yapan katılımcılarda 2.26 ± 0.83 iken, süre arttıkça 6-10 yıl grubunda 2.58 ± 0.86 , 11-15 yıl grubunda 2.84 ± 0.89 ve 16 yıl ve üstünde 2.94 ± 1.08 olarak yükselmiştir; post-hoc analizler, 5 yıl ve altı grubun tüm diğer gruplardan anlamlı olarak daha düşük olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$). Alt boyutlar açısından da egzersiz yapma süresine bağlı olarak anlamlı artışlar gözlemlenmiş olup, özellikle 5 yıl ve altı egzersiz yapan katılımcılar, tolerans (2.63 ± 1.08), geri çekilme (2.75 ± 1.17), kontrol kaybı (2.10 ± 1.01), zaman ve egzersiz (2.11 ± 0.86) ile devamlılık (2.00 ± 0.96) boyutlarında, diğer tüm gruplardan anlamlı olarak daha düşük puanlar almıştır ($p < 0.001$). Bu bulgu, egzersiz süresinin artmasının, bireylerin hem davranışsal hem de psikolojik düzeyde egzersize yönelik bağımlılık eğilimini güçlendirdiğini göstermekte ve uzun süreli egzersiz alışkanlığının, bağımlılık düzeyini yükselten önemli bir faktör olduğunu desteklemektedir.

Tablo 5. Katılımcıların lisanslı sporcu geçmişlerine göre egzersiz bağımlılığına ilişkin bulguları

Lisanslı Sporcu Geçmişi		N	$\bar{x}$	SS.	t	p
Egzersiz bağımlılığı toplam	Evet	174	2.62	.93	5.579	.000
	Hayır	457	2.19	.82		
Tolerans	Evet	174	3.03	1.21	4.829	.000
	Hayır	457	2.54	1.11		
Geri çekilme	Evet	174	3.12	1.29	3.987	.000
	Hayır	457	2.69	1.16		
Kontrol kaybı	Evet	174	2.39	1.06	3.765	.000
	Hayır	457	2.04	1.00		
Zaman ve egzersiz	Evet	174	2.47	.97	5.351	.000
	Hayır	457	2.04	.85		
Devamlılık	Evet	174	2.39	1.12	5.218	.000
	Hayır	457	1.93	.91		

Tablo 5'e göre, lisanslı spor geçmişi olan katılımcılar ($n=174$), olmayanlara ($n=457$) kıyasla genel egzersiz bağımlılığı ve tüm alt boyutlarda anlamlı olarak daha yüksek puanlar almıştır. Genel egzersiz bağımlılığı ortalaması lisanslı spor geçmişi olanlarda 2.62 ± 0.93 , olmayanlarda 2.19 ± 0.82 olarak bulunmuştur ($t=5.57$; $p < 0.001$). Alt boyutlar açısından da tolerans (3.03 ± 1.21 vs. 2.54 ± 1.11 ; $t=4.82$; $p < 0.001$), geri çekilme (3.12 ± 1.29 vs. 2.69 ± 1.16 ; $t=3.98$; $p < 0.001$), kontrol kaybı (2.39 ± 1.06 vs. 2.04 ± 1.00 ; $t=3.76$; $p < 0.001$), zaman ve egzersiz (2.47 ± 0.97 vs. 2.04 ± 0.85 ; $t=5.35$; $p < 0.001$) ve devamlılık (2.39 ± 1.12 vs.

1.93 ± 0.91; t=5.21; p<0.001) boyutlarında lisanslı spor geçmişi olanlar anlamlı olarak daha yüksek puanlar almıştır. Bu bulgular, lisanslı spor geçmişine sahip bireylerin egzersize yönelik davranışsal ve psikolojik bağımlılık düzeylerinin, spor geçmişi olmayanlara göre daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 6. Katılımcıların hissedilen beden kilo algısına göre egzersiz bağımlılığına ilişkin bulguları

Hissedilen Beden Kilo Algısı		N	$\bar{x}$	SS.	F	p	Fark
Egzersiz bağımlılığı toplam	Zayıf ^a	93	2.09	.80	9.497	.000	b > a,c
	Normal ^b	464	2.40	.87			
	Şişman ^c	74	2.02	.85			
Tolerans	Zayıf ^a	93	2.46	1.12	6.962	.001	b > a,c
	Normal ^b	464	2.78	1.16			
	Şişman ^c	74	2.32	1.08			
Geri çekilme	Zayıf ^a	93	2.44	1.12	8.918	.000	b > a,c
	Normal ^b	464	2.93	1.20			
	Şişman ^c	74	2.52	1.27			
Kontrol kaybı	Zayıf ^a	93	2.01	1.01	7.471	.001	b > c
	Normal ^b	464	2.22	1.05			
	Şişman ^c	74	1.76	.81			
Zaman ve egzersiz	Zayıf ^a	93	1.95	.81	8.418	.000	b > a,c
	Normal ^b	464	2.25	.92			
	Şişman ^c	74	1.88	.83			
Devamlılık	Zayıf ^a	93	1.87	.91	3.175	.042	b > a
	Normal ^b	464	2.12	1.00			
	Şişman ^c	74	1.93	1.03			

Tablo 6’da katılımcıların hissedilen beden-kilo algısına göre egzersiz bağımlılığı düzeyleri incelendiğinde, normal algıya sahip bireylerin genel egzersiz bağımlılığı (2.40 ± 0.87), zayıf (2.09 ± 0.80) ve şişman (2.02 ± 0.85) algıya sahip katılımcılardan anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur (F=9.497; p<0.001; b > a, c). Alt boyutlar açısından da benzer bir tablo gözlemlenmiştir: tolerans (2.78 ± 1.16, 2.46 ± 1.12, 2.32 ± 1.08; F=6.962; p=0.001), geri çekilme (2.93 ± 1.20, 2.44 ± 1.12, 2.52 ± 1.27; F=8.918; p<0.001), kontrol kaybı (2.22 ± 1.05, 2.01 ± 1.01, 1.76 ± 0.81; F=7.471; p=0.001), zaman ve egzersiz (2.25 ± 0.92 vs. 1.95 ± 0.81 ve 1.88 ± 0.83; F=8.418; p<0.001) ve devamlılık (2.12 ± 1.00, 1.87 ± 0.91, 1.93 ± 1.03; F=3.175; p=0.042) boyutlarında normal algıya sahip katılımcılar diğer gruplardan anlamlı olarak daha yüksek puan almıştır. Bu bulgular, bireylerin kendi beden-kilo algılarının, egzersiz bağımlılığı ve alt boyutları üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada genç yetişkin erkek bireylerin egzersiz bağımlılığı düzeyleri demografik değişkenlere göre incelenmiştir. Öncelikle, katılımcıların yaş grupları ile genel egzersiz bağımlılığı ve alt boyutları arasındaki ilişkiler değerlendirilmiş, yaştan bağımlılık düzeyleri üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, tolerans, geri çekilme, kontrol kaybı, zaman ve egzersiz ile devamlılık boyutlarında da yaşa bağlı anlamlı farklılık görülmemiştir. Literatürde, yaştan egzersiz bağımlılığı ile ilişkisine dair bulgular çelişkilidir; bazı çalışmalar alt boyutlarda anlamlı farklılıklar bildirilmiştir (Tekkurşun-Demir ve Türkeli, 2019; Berczik vd., 2012; Nogueira vd., 2018), bazıları ise yaş ile egzersiz bağımlılığı arasında anlamlı bir ilişki olmadığını rapor etmiştir (Bootan, 2018; Orhan vd., 2019; Uzun, 2019). Bu durum, yaştan bağımlılık üzerinde tek başına belirleyici bir faktör olmadığını ve diğer kişisel, çevresel ve psikolojik etmenlerle etkileşim içerisinde olabileceğini düşündürmektedir.

Egzersiz yapma süresi, araştırmada egzersiz bağımlılığı arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. Düzenli ve uzun süre egzersiz yapan bireylerin, hem genel egzersiz bağımlılığı hem de alt boyutlarda anlamlı şekilde daha yüksek puanlar aldığı gözlemlenmiştir ($p<0.001$). Bu bulgu, literatürdeki pek çok çalışmayla tutarlıdır; düzenli ve uzun süre spor yapan bireylerin egzersize bağlı motivasyon, devamlılık ve davranışsal bağımlılık düzeylerinin daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Orhan vd., 2019; Bavlı, Kozanoğlu ve Doğanay, 2011; Berczik vd., 2012; Cicioğlu vd., 2019; Polat ve Şimşek, 2015). Bununla birlikte, bazı çalışmalar egzersiz süresi ile bağımlılık düzeyi arasında anlamlı ilişki olmadığını bildirmiştir (Batuhan ve Aydın, 2020), bu durum bireysel farklılıklar, sporun türü ve yoğunluğu gibi faktörlerin etkili olabileceğini göstermektedir.

Lisanslı spor geçmişine sahip katılımcılar, amatör veya lisanssız spor yapanlara göre, genel egzersiz bağımlılığı ve alt boyutlarda anlamlı olarak daha yüksek puanlar almıştır ($p<0.001$). Tolerans, geri çekilme, kontrol kaybı, zaman ve egzersiz ve devamlılık boyutları da benzer şekilde lisanslı spor geçmişi olan bireylerde anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgu, profesyonel veya elit düzeyde spor yapan bireylerin, egzersize karşı daha yüksek bir bağımlılık eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Literatürde de, lisanslı veya elit sporcu gruplarında bağımlılık düzeylerinin, amatör sporculara göre belirgin şekilde yüksek olduğu rapor edilmiştir (Pierce vd., 1997; Szabo ve Griffiths, 2007; Cicioğlu vd., 2019). Bu durum, spor geçmişinin, egzersiz bağımlılığının gelişiminde önemli bir risk faktörü olduğunu göstermektedir.

Hissedilen beden-kilo algısı açısından yapılan analizler, bireylerin algılarının egzersiz bağımlılığı üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermiştir. Normal

kilo algısına sahip katılımcılar, genel egzersiz bağımlılığı (2.40 ± 0.87) ve alt boyutlarda (tolerans: 2.78 ± 1.16 ; geri çekilme: 2.93 ± 1.20 ; kontrol kaybı: 2.22 ± 1.05 ; zaman ve egzersiz: 2.25 ± 0.92 ; devamlılık: 2.12 ± 1.00) hem zayıf hem de şişman algısına sahip katılımcılardan anlamlı şekilde daha yüksek puan almıştır ($p < 0.05$). Bu bulgular, bireylerin kendi beden-kilo algılarının, egzersiz davranışı ve bağımlılık eğilimleri üzerinde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Literatürde de, kilosunu normal algılayan veya ideal beden algısına yakın bireylerin egzersize daha düzenli ve yüksek motivasyonla katıldığı belirtilmiştir (Van Baak ve Saris, 2000). Bu durum, beden imajı algısının egzersiz motivasyonu ve bağımlılığı ile doğrudan ilişkili olduğunu desteklemektedir.

Sonuç olarak, araştırma bulguları egzersiz bağımlılığının bireylerin beden-kilo algısı, egzersiz yapma süresi ve lisanslı spor geçmişi ile ilişkili olduğunu; yaş ise bağımlılık düzeyleri üzerinde belirleyici bir etkisinin olmadığını ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, egzersiz bağımlılığının yalnızca fiziksel veya sosyal faktörlerle değil, bireysel algı ve geçmiş deneyimlerle şekillendiğini göstermekte ve düzenli spor yapan veya profesyonel spor geçmişine sahip bireylerin bağımlılık riskine dikkat edilmesi gerektiğini desteklemektedir. Ayrıca, bulgular, spor psikolojisi ve davranışsal bağımlılık alanında gelecekte yapılacak çalışmalara önemli temel veriler sunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Adams, J. ve Kirkby, R. (2002). Excessive exercise as an addiction: A review. *Addiction Research and Theory*, 10(5), 415-437.
- Batuhan, B. ve Aydin, D. A. (2020). Elit yüzme sporcularının egzersiz bağımlılığı düzeylerinin incelenmesi. *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 5(4), 399-412.
- Bavlı, Ö., Kozanoğlu, M. E. ve Doğanay, A. (2011). Düzenli egzersize katılımın egzersiz bağımlılığı üzerine etkisi. *Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dergisi*, 13(2), 150-153.
- Beltekin, E. ve Kuyulu, İ. (2020). Examination of exercise addiction levels of university students. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 22(1), 116-121
- Berczik, K., Szabó, A. Griffiths, M. D., Kurimay T., Kun B., Urbán, R. ve Demetrovics, Z. (2012). Exercise addiction: symptoms, diagnosis, epidemiology, and etiology. *Substance Use Misuse*, 47(4), 403-417.
- Birgönül, Y. (2019). *Tenis sporuna yönelik egzersiz bağımlılığı ve huzur ilişkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Bootan, J. S. (2018). *Kickboks, taekwondo ve muay thai sporcularının egzersiz bağımlılığının araştırılması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Elâzığ: Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Cicioğlu, H. İ., Demir, G. T., Bulğay, C. ve Çetin, E. (2019). Elit düzeyde sporcular ile spor bilimleri fakültesi öğrencilerinin egzersiz bağımlılığı düzeyleri. *Bağımlılık Dergisi*, 20(1), 12-20.
- Dağlı, D. A. ve Yüyen, M. N. (2023). Davranışsal bağımlılıklar ve hemşirelik yaklaşımı. *Bağımlılık Dergisi*, 24 (1), 104-112.
- Demir, Ş. (2023). *Fitness egzersizine katılan bireylerin ruh hali ile egzersiz bağımlılığı arasındaki ilişkinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Edirne: Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Egorov, A. Y. ve Szabo, A. (2013). The exercise paradox: an interactional model for a clearer conceptualization of exercise addiction. *Journal Behav Addict*, 2(4), 199-208.
- Gün, A. (2018). *Beden eğitimi ve spor yüksekokulu öğrencilerinin egzersiz bağımlılık durumlarına göre fiziksel aktivite ve vücut kitle indekslerinin karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Erzincan: Binali Yıldırım Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Gürbüz, B. ve Aşçı, F. H. (2006). Egzersiz bağımlılığı ölçeği-21'in egzersiz katılımcıları için psikometrik özelliklerinin değerlendirilmesi. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 11(2), 3-10.

- Housenblous, H. A., ve D. S. Downs. (2002). Relationship among sex, imagery, and exercise dependence symptoms. *Psychology of Addictive Behaviours*, 2(16), 169-72.
- Karasar, N. (2000). *Bilimsel Araştırma Yöntemi-Kavramlar, İlkeler, Teknikler*. 10. Baskı. Ankara. Nobel Yayınevi.
- Katra, H. (2021). Egzersiz yapan bireylerde egzersiz bağımlılığı ve benlik saygısı. *Bağımlılık Dergisi*, 22(4), 370-78.
- Macfarlane, L. Owens, G. ve Crus, B. P. (2016). Identifying the features of an exercise addiction a delphi study. *Journal Behav Addict*, 5(3), 474-84.
- Nogueira, A., Molinero, O., Salguero, A. ve Márquez S. (2018). Exercise addiction in practitioners of endurance sports: a literature review. *Front Psychol*, 9, 1484.
- Ordu, F. (2022). Egzersiz bağımlılığı: bir güncelleme. *Bağımlılık Dergisi*, 23(4), 536-546.
- Orhan, S., Yücel, A. S., Gür, E. ve Karadağ, M. (2019). Spor merkezlerinde egzersiz bağımlılığının incelenmesi. *Electronic Turkish Studies*, 14 (2), 670-676.
- Pierce, E. F., Rohaly, K. A. ve Fritchley, B. (1997). Sex differences on exercise dependence for men and women in a marathon road race. *Percept Mot Skills*, (84), 991-994.
- Polat, C. Y. ve Şimşek, K. Y. (2015). Spor merkezlerindeki bireylerin egzersiz bağımlılığı düzeylerinin incelenmesi: Eskişehir ili örneği. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 15 (3), 355-69.
- Szabo, A. ve Griffiths, M. D. (2007). Exercise addiction in British sport science students. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 5(1), 25-28.
- Tekkurşun-Demir, G. ve Türkeli, A. (2019). Spor bilimleri fakültesi öğrencilerinin egzersiz bağımlılığı ve zihinsel dayanıklılık düzeylerinin incelenmesi. *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 10-24.
- Umut, S. ve Mutlutürk, N. (2023). Sedanter bireyler ile düzenli egzersiz yapan bireyler arasındaki yaşam kalitesi düzeylerinin karşılaştırılması. *Spor ve Rekreasyon Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 11-26.
- Uz, İ. (2015). *Fitness merkezlerine düzenli katılan bireylerde egzersiz bağımlılığının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale: Çanakkale 18 Mart Üniversitesi.
- Uzun, U. (2019). *Spor bilimleri eğitimi alan yüksek öğretim öğrencilerinin egzersiz bağımlılığının incelenmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Edirne: Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Van Baak, M. A. ve Saris, W. H. M. (2000). *Egzersiz ve obezite: Klinik obezite* (Çev: A.N. Dursun). İstanbul: Ant Yayıncılık.
- Yeltepe, H. ve İkizler, H. C. (2007). Egzersiz bağımlılığı ölçeği-21'in Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışması. *Bağımlılık Dergisi*, 8(1), 29-35.
- Yıldırım, İ., Yıldırım, Y., Ersöz, Y., Işık, Ö., Saraçlı, S., Karagöz, Ş. ve Yağmur, R. (2017). Egzersiz bağımlılığı, yeme tutum ve davranışları ilişkisi. *Celal Bayar Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 12 (1), 43-54.
- Zmijewski, C. F. ve Howard. M. O. (2003). Exercise dependence and attitudes toward eating among young adults. *Eat Behav*, 4, 181-95.

4. Bölüm

Fonksiyonel Hareketin Anatomik Temelleri: Fasya ve Kinetik Zincirler¹

Çağrı ÇELENK², Mustafa Cebel TORUN³, Samet TORUN⁴

Giriş

İnsan vücudu, kas-iskelet sisteminin ötesinde, fasya adı verilen üç boyutlu bağ doku ağıyla bütüncül bir yapıya sahiptir. Fasya, kaslar, kemikler, organlar ve sinirler arasında yapısal ve fonksiyonel bir köprü oluşturarak vücudun bütünsel hareket kapasitesini belirler. Miyofasyal zincirler, bu ağ üzerinden kaslar arası kuvvet iletimini ve postüral dengeyi sağlar. Kinetik zincir kavramı ise eklemler ve kas gruplarının ardışık ve koordineli çalışmasını ifade eder. Bu zincirlerdeki bir zayıflık, hareket paternlerini bozarak performans düşüşü ve yaralanma riskine neden olabilir. Fonksiyonel hareketler, bu zincirlerin etkin ve dengeli çalışmasına bağlıdır. Fonksiyonel antrenman, vücudu tek bir kas grubu yerine bir bütün olarak ele alır ve günlük yaşam veya sportif aktivitelerdeki hareket modellerini taklit eder. Bu yaklaşım, denge, koordinasyon, stabilizasyon ve proprioseptif kontrolü geliştirmeyi hedefler. Dolayısıyla, fasyal bütünlüğün korunması ve kinetik zincirlerin optimal işlevi, fonksiyonel performansın temelini oluşturur.

Fasya

Fasya kendine özgü anatomik yapısıyla organların ve yapıların şekillerini belirlerken vücudun anatomik bütünlüğünü de sağlamaktadır. Üç boyutlu metabolik ve mekanik bir matriks oluşturarak damar, sinir, organ, meninks, kemik ve kasları saran içlerinden geçtiği yapılarla etkileşime giren ve bir ağ gibi tüm vücudu çevreleyen bir bağ doku networküdür (Acarkan ve Nazlıkul 2017). Fasya yapısında miyofibroblastların bulunmasından dolayı kontraktıl özelliğine sahiptir (Schleip, Klingler ve Lehmann 2006). Fasyanın, süspansiyon ve proteksiyon, retansiyon ve seperasyon, şok ve basınç absorpsiyon gibi lokal

¹ Bu çalışma Mustafa Cebel Torun'a ait yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

² Prof. Dr. Erciyes Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi
<https://orcid.org/0000-0003-2448-3011>

³ Doktora Öğrencisi, Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü
<https://orcid.org/0000-0002-7102-0258>

⁴ Arş. Gör., Erciyes Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi
<https://orcid.org/0000-0003-2360-0909>

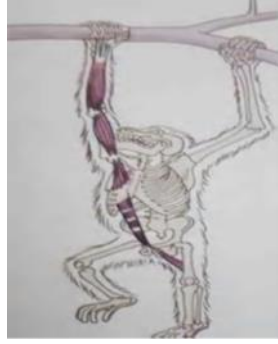
görevleri, ağrının iletimi, morfoloji, postürün sağlanması gibi sistemik görevleri vardır (Acarkan ve Nazlıkul 2017).



Şekil 1. Fasya

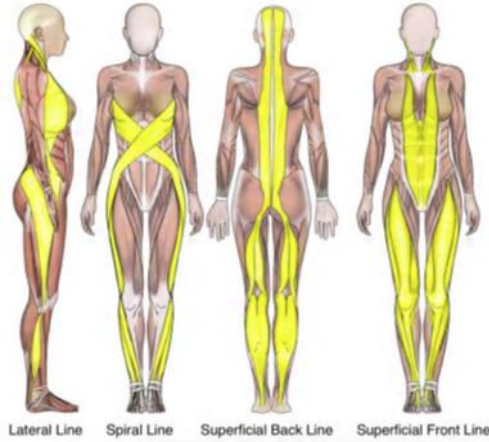
Gerilim Kuvvetlerinin İletimi ve Aktarılması

Fasya lokal olarak gerilme kuvveti iletiminin yanında, internal ve eksternal kuvvetleri geniş çaplı olarak ayırır ve dağıtır. Yer çekimi gibi kuvvetler fasya ağında kompresyon kuvvetleri oluşturur. Örneğin tabureden atlanıp yere temas edildiği zaman ayak tabanına yüklenme olur. Kasların oluşturduğu kuvvet sadece bağlantı noktalarını değil fasya ağı ile vücudun uzak bölgelerini de etkilemektedir. Kaslar lokal olarak germe kuvvetini oluşturan motorlardır ve bu kuvvet ilgili miyofasyal ve derin fasya ile uzak bölgelere taşınır (Muscolino 2017). Tüm vücut hareketleri büyük ölçüde miyofasyal zincirler aracılığıyla gerçekleştirilir. Eğer bir kas zayıflığı var ise tüm miyofasyal zincir değerlendirilmelidir. Miyofasyal zincirler gövde, eklem ve kas iskelet sisteminin stabilitesini sağlarlar. Birden fazla miyofasyal zincir, hareketi optimize etmek için birlikte eş zamanlı çalışarak birçok aktiviteyi gerçekleştirir (Schleip 2020). Miyofasyal kas zincirleri birbirleriyle sürekli etkileşim halindedir (Dischiavi ve ark 2018). Bu yolla kasların sadece lokal hareket ettiriciler olmadığı, vücut içine fasya ağı içinde yerleşmiş kasılabilen bir organ olduğu anlaşılmaktadır. Buna miyofasyal meridyen ya da anatomi treni de denmektedir.



Şekil 2. Gerilim Kuvvetlerinin İletimi ve Aktarılması

Miyofasyal meridyen teorisi kasların vücut içinde yayılmış olarak uzanan fasya hatları üzerinde çalıştığı fikrini ileri sürer. Bir miyofasyal meridyenin kasları, fibröz fasya bağ doku ile birbirlerine bağlıdır ve sinerji olarak birlikte hareket ederek kasılmaları ile meridyenler boyunca gerilimi ve hareketi iletir (Muscolino 2017). Tomas Myers vücudun uzak bölgelerini kaslar ve fasyal dokularla birbirine bağlayan on bir tane miyofasyal meridyeni tanımlamıştır (Wilke ve ark 2016). Biz bu miyofasyal meridyenlerden temel olarak dört tanesini ele alacağız.

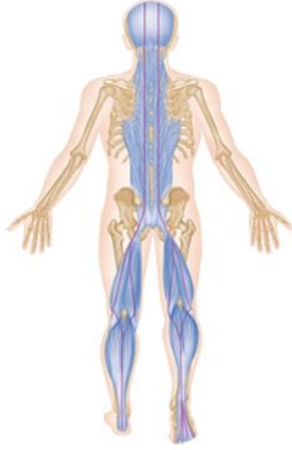


Şekil 3. Miyofasyal Meridyenler

Superficial Back Line (Yüzeysel Arka Hat)

Postüral Fonksiyonu: Yüzeysel arka zincirin genel olarak postürel fonksiyonu, vücudu tam dik ekstansiyonda destekleyerek cenin pozisyon ile örneklenen fleksiyona kıvrılma eğilimini önlemektir (Myers 2009).

Hareketsel Fonksiyonu: Yüzeysel arka zincirin hareketsel fonksiyonu ekstansiyon ve hiperekstansiyon oluşturmaktır (Myers 2009).



Şekil 4. Yüzeysel Arka Hat

Superficial Front Line (Yüzeysel Ön Hat)

Postüral Fonksiyonu: Vücudu yer çekimine karşı desteklemek ve yüzeysel arka fasyayı dengelemek (Acarkan, Nazlıkul 2017). Ventral kavitenin korunması (Schleip 2020).

Hareketsel Fonksiyonu: Gövdeye ve kalçaya fleksiyon yaptırmak (Acarkan, Nazlıkul 2017). Dize ekstansiyon ve ayak bileğine dorsi fleksiyon yaptırmak (Konstantinos 2017). Güçlü ve ani fleksiyon hareketlerindeki rolünden dolayı yüzeysel ön zincirin kas dokusu kısmında hızlı kasılan kas fibrilleri içermektedir (Myers 2009).



Şekil 5. Yüzeysel Ön Hat

Lateral Line (Lateral Hat)

Postüral Fonksiyonu: Vücudu önden arkaya bilateral olmak üzere sağ, sol olarak dengeler (Acarkan, Nazlıkul 2017). Diğer yüzeysel zincirler arasındaki kuvvetlere aracılık eder (Myers 2009).

Hareketsel Fonksiyonu: Gövdenin lateral fleksiyonu, kalçanın abdüksiyonu, ayağın eversiyonu ve ayrıca gövdenin lateral ve rotasyonel hareketlerini yavaşlatmak için fren görevi görür (Konstantinos 2017).



Şekil 6. Lateral Hat

Spiral Line (Spiral Hat)

Postüral Fonksiyonu: Vücudu çift spiral içinde sarmalayarak tüm düzlemlerde dengeyi sağlar. (Konstantinos 2017).

Hareketsel Fonksiyonu: Vücutta spiral ve rotasyonel hareketleri oluşturup yönlendirir. Eksantrik ve izometrik kasılmalarda gövdeyi ve bacakları sabitler (Myers 2009).



Şekil 7. Spiral Hat

Kinetik Zincir

Kinetik zincir modeli ilk olarak kinematiğin babası olarak adlandırılan Alman bilim insanı Franz Reuleaux (1829-1905) tarafından kinetik zincir reaksiyonu olarak tanımlanmıştır. Aynı zamanda 1876 yılında yayımlanan ‘‘The Kinematics of Machinery’’ kitabında ‘‘bağlantı konsepti’’ teriminden bahsetmiştir (Turgut 2017). Fonksiyonel hareketler sırasında kaslar belirli bir sırayla ve düzen içerisinde kasılarak eklemlere ardışık hareketler yaptırırlar. Bu tarz fonksiyonel bir ünite oluşturan anatomik yapılara kinetik zincir, bu anatomik yapıların doğal fonksiyonlarına uygun olarak çalıştırılmasına ise kinetik zincir egzersizleri (KZE) adı verilmektedir (Leblebici 2007). Kinetik bağlantı modeli ilk olarak 1933 yılında Hans Von Baeyer tarafından insan anatomisine uyarlanmıştır. 1955 yılında Steindler en distaldeki segmentin yüklenmesine göre açık veya kapalı zincir olarak tanımlamıştır (Can 2019).



Şekil 8. Kinetik Zincir

Açık Kinetik Zincir Egzersizleri

Distal segment serbest bir şekilde hareket edebiliyorsa (Muscolino 2009) yani kol ya da bacaklar yere veya büyük bir dirence sabitlenmiyorsa buna açık kinetik zincir denir (Atabaş 2017). Tekme atmak AKZE'ne bir örnektir (Baltacı 2016). Ya da sandalyede oturan bir kişinin diz eklemine ekstansiyon yaptırması AKZE'ne ait başka bir örnektir. Bu hareket sırasında üst bacak ve gövde yani proksimal segment sabitken distal segment yani alt bacak uzayda serbest bir şekilde hareket edebilir. Açık kinetik zincir egzersizlerde genellikle tek ekleme odaklanılır (Turgut 2017).



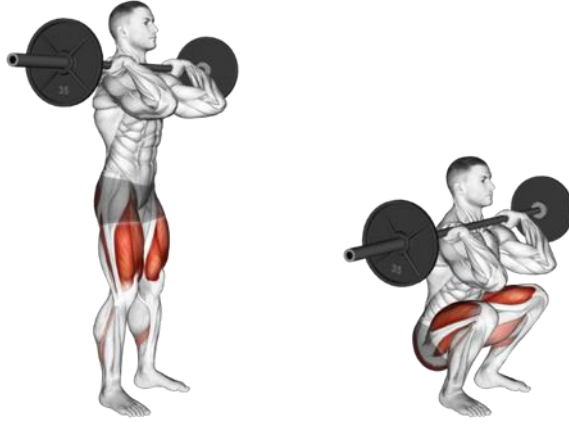
Şekil 9. Leg Extension Açık Kinetik Zincir Egzersiz Örneği

Kapalı Kinetik Zincir Egzersizleri

Distal segmentin sabit olduğu (Muscolino 2019) yani zinciri oluşturan vücut bölümlerinden biri, yere ya da büyük bir dirence sabitleniyorsa buna kapalı kinetik zincir denir (Yıldız 2013). Şınav bir KKZE örneğidir (Muscolino 2019). Başka bir örnek ise ayakta squat egzersizidir. Squat egzersizi sırasında ayak yere sabittir (Turgut 2017). Dizler büküldükçe veya düzleştirildikçe kalça ve ayak bileği de uyum içerisinde hareket eder.

Kapalı kinetik zincir egzersizleri esasen yük aktarılan egzersizlerdir (Can 2019). Harekete katılan tüm eklemler eş zamanlı olarak çalışmaktadır (Zırhlı 2019). AKZE, izole kas ve eklem çalıştırılmasına imkan sağlarken KKZE, proksimal segmentlerde 14 stabilizasyon sağlayarak sağlam bir hareket tabanı oluşturur. Nöromusküler kontrol ve proprioseptif girdi sağlar (Can 2019). AKZE tek eklemlilik KKZE ise çoklu eklem egzersizi olarak sınıflandırılabilir (Baltacı 2016). Bir zincir en zayıf halka kadar sağlamdır. Bu yüzden zinciri oluşturan her bir halkanın optimal seviyede ve yeterli miktarda antrene edilmesi gerekmektedir. Bu da harekette devreye giren tüm eklemleri geliştirmek, onları antrenmanlarda doğru sıra ve düzeninde devreye sokarak mümkün olabilmektedir. Bu yüzden

geliştirilmek istenen hedef becerinin antrenmanlarda taklit edilmesi gerekmektedir (Yıldız 2013).



Şekil 10. Front Squat Kapalı Kinetik Zincir Egzersiz Örneği

Fonksiyonel Hareket

İnsan bulunduğu ortam içerisinde sürekli hareketlilik gösteren ve gelişimini devam ettiren bir varlıktır. Vücudun herhangi bir bölümünde veya tamamında gerçekleşen değişimlere hareket denir. Fonksiyon terimi ise spor literatüründe kişinin hareketlerini yapabilmesi olarak tanımlanmaktadır (Duyuler 2019). Fonksiyonel Hareket kavramı ise amaca yönelik hareket olarak tanımlanabilir. Örneğin yürümek fonksiyonel bir harekettir çünkü yürümek bir noktadan bir noktaya ulaşabilmenin aracıdır. Dolayısıyla fonksiyonel hareket bakımından fonksiyon, hedefe yönelik hareketin etkin bir şekilde uygulanabilmesidir (Aydın 2019). Atletik performans düzeyini geliştirmek için fonksiyonel hareket oldukça önemlidir (Dündar ve ark 2018). İnsanın dört temel hareketi vardır: Durma ve yer değiştirme, seviye değiştirme, itme çekme ve rotasyondur. Bu hareketlerin uygulanma seviyeleri bireyin fonksiyonel performans düzeyini belirler (Duyuler 2019).

Fonksiyonel Antrenman

Fonksiyonel antrenman yaklaşımının popülerliği son yıllarda artsa da aslında yeni bir konsept değildir (Duyuler 2019). Temeli fiziksel rehabilitasyona dayanmaktadır. Fonksiyonel antrenman, kişinin günlük yaşam aktivitelerini ya da spesifik bir hedefini gerçekleştirebilmesi için uygulanan çalışmalardır. Başka bir ifadeyle amaca yönelik yapılan antrenmanlar bütünüdür. Fonksiyonel antrenmanın odak noktası; insanın en temel hareketleri olan seviye değiştirme, adımlama, eğilme, itme, çekme ve rotasyon gibi birden fazla eklemlerle

gerçekleştirilen hareket modelleridir (Boztepe 2018). 15 Fonksiyonel antrenman, günlük hayatta gerçekleştirilen bazı hareket modelleri taklit edilerek kişinin kendi vücut ağırlığıyla ya da buna ek farklı antrenman ekipmanlarıyla yapılan bir yöntemdir (Erken 2018). İnsanlar Sagital, Frontal ve Transvers düzlemlerde hareketlerini gerçekleştirir ve bu üç düzlem hareketin üç boyutlu dünyasını oluşturur. Bu üç boyutlu dünyada kişi fleksiyon ekstansiyon, abduksiyon-adduksiyon ve rotasyon (iç-dış) hareketlerini gerçekleştirmektedir. Sporcunun bir eylemi veya bir branşın gerektirdiği hareketi bu üç anatomik planda bütün gereklilikleriyle yapması beklenir. Eğer bu gereklilikler bazı limitlerle kısıtlanıyorsa ya da hareket hiç yapılamıyorsa sporcunun performansının kötüye gittiğini yada kötü olduğu söylenebilir. Bu durum sporcunun fonksiyonel yetersizliğiyle ilgilidir. Bu düzlemlerde gerçekleştirilen hareketler ve bu hareketlerden kaynaklanan bazı problemler olabilir. Bu problemlerin nedeni üç farklı düzlemdeki hareket kabiliyetlerimizi eşit ve aynı zamanda rutin olarak kullanamamamızdan kaynaklanır (Yıldız 2013). Fonksiyonel antrenman kişinin bahsedilen durumdan dolayı karşılaştığı problemleri ortadan kaldırmak ya da bu sorunları yaşamaması için uygulanan antrenman modelidir. Bu modeldeki en önemli nokta kişinin makine tabanlı değil kendi vücudunun limitlerini kullanarak çalışmalar yapmasıdır. Bu antrenmanda kişi durmak, yer değiştirmek, itmek, çekmek, seviye değiştirmek ve rotasyon gibi dört temel hareket kalıplarını kullanarak amacına ulaşmaktadır. Bu dört temel hareketi üç farklı düzlemde amaca uygun olarak sorunsuz bir şekilde yapmak fonksiyonel antrenmanın amacıdır (Atabaş 2017). Sadece makine tabanlı antrenman modellerinin fonksiyonel antrenman açısından uygun olmadığı bilinmektedir. Makinede gerçekleştirilen antrenmanlar her ne kadar güvenli olsa da denge, stabilizasyon ve proprioseptif sistemleri efektif bir şekilde aktive edemezler. Bu yüzden sabit ve tek yönlü makinelerde antrenman yapmak stabilizasyon ve denge gerektiren hareketlerde oluşabilecek sakatlıkları önleme konusunda yeterli olmayabilir (Boyle 2014). Fonksiyonel antrenman yöntemini daha iyi kavrayabilmek için kasların izole hareketleri nasıl gerçekleştiğine değil, kasların ve eklemlerin kinetik zincir şeklinde nasıl hareket ettiğine odaklanmak gerekir. Kaslar fonksiyonel hareketler sırasında belli bir sırayla ve düzen içerisinde kasılır ve eklemlere ardışık hareket yaptırır. Bu şekilde fonksiyonel bir 16 ünite oluşturan anatomik yapılara kinetik zincir, bu yapıların fonksiyonuna uygun bir şekilde çalıştırılmasına ise kinetik zincir egzersizleri denir (Boztepe 2018). Kasılmalar esnasında üzerine düşen görevi yeterli seviyede yerine getiremeyen kas ve kas grupları vücudumuzun zayıf halkalarını oluştururlar (Zırhlı 2019). Eğer kinetik zincirde zayıf bir halka varsa fonksiyonel hareket kabiliyetini kısıtlar ve bu da yaralanmaya yol açabilir (Boztepe 2018). Kaslarımızın bazen kendi aralarındaki

konuşmalarında (koordinasyon), kimi zaman kasılma şiddetinde (kuvvet), zaman zaman kasılma hızında (sürat), bazen kasılma dizgesinde (dengellik, hareketlilik, esneklik), kimi kez de tüm bunları uzun süreye yayması (dayanıklılık) sırasında problemler yaşanabilmektedir. Bu problemler de hedef becerinin gerektirdiği hareketi yapamamamıza neden olmaktadır (Dündar ve ark 2018). Bu yüzden antrenmanları tasarlarken vücudumuzun neredeyse tamamını devreye sokarak kinetik zinciri tamamlayacak ve hedeflenen beceriyi taklit edecek hareket modelleri belirlemeliyiz (Erken 2018). Bunlar ise ağırlıklı olarak birden fazla eklemli ve çok düzlemli egzersiz programında kademeli artan ve kişiye özel bir program kullanarak amaca yönelik antrenmanı, dinamik ve statik dengeyi, eşgüdümün ve propriosepsiyonun geliştirilmesine yönelik zorlukları içerir (Zırlı 2019). Fonksiyonel antrenmanı tasarlarken hareket modeli sadece vücudun belirli bir bölgesine yönelik olmamalıdır ve mümkün olduğunca bütün vücudu kapsamalıdır (Schleip 2020). Hareket paternleri amaca uygun olmalıdır (Aydın 2019).

Fonksiyonel Antrenman ve Geleneksel Antrenman Arasındaki Farklar

Geleneksel progresif direnç antrenmanı, performans ya da estetik için çoğunlukla büyük kas gruplarını kuvvetlendirmek amacıyla yükü, ağırlığı kademeli bir şekilde artırmayı hedef alırken fonksiyonel antrenman, hareketle ilişkili özel becerileri eğiterek hareket kalitesini artırmaya odaklanır (Stenger 2018). Fonksiyonel antrenman terimini daha iyi kavrayabilmek için kendimize basit birkaç soru sormalıyız. Kaç tane spor branşı oturarak yapılmaktadır? Kürek sporu gibi yalnızca birkaç spor branşı oturur pozisyonda gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla kaslarımızı oturur pozisyonda antrene etmek pek çok spor branşı için fonksiyonel olmayacaktır. Kaç farklı spor branşı stabilizasyonun dış kaynaklar tarafından sağlandığı ortamda oynanmaktadır? (Boyle 2019). 17 Makinelerin kullanıldığı geleneksel direnç antrenman yöntemleri büyük miktarda sabit ya da değişken direnç sağlayabilir fakat çoğu kez hareket aralığını kısıtlar ve fonksiyonel antrenmana göre daha az stabilize ve denge gerektirir (Susan ve ark 2010). Birçok spor branşı stabilizasyonun dış çevre tarafından sağlanmadığı koşullarda icra edilir. Bu yüzden makine tabanlı çalışmaların stabilizasyon ve kinetik zinciri bir bütün olarak geliştirmede için sahada yapılacak çalışmalar açısından uygun olmadığı belirtilmiştir (Boztepe 2018). Hemen hemen tüm branşların müsabaka alanı sahalar veya kortlardır. Bu yüzden stabilizasyonu dış kaynaklar değil, sporcu kendisi sağlamaktadır. Hangi spor branşı tek eklem kullanıldığı izole hareket modelleri ile gerçekleştirilmektedir? Cevabımız sıfır olacaktır. Fonksiyonel antrenman bir çok eklem kullanılması prensibine dayanmaktadır (Boyle 2019).

Kaynak

- Acarkan, S., & Nazlıkul, H. (2017). Fasya sistemi ve miyofasyal zincirler. Nobel Tıp Kitabevleri.
- Atabaş, F. (2017). Fonksiyonel antrenman ve geleneksel antrenman karşılaştırması. *Gazi Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 2(1), 45–56.
- Aydın, S. (2019). Fonksiyonel hareketin biyomekanik temelleri. *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 4(3), 112–120.
- Baltacı, G. (2016). Kinetik zincir egzersizleri ve uygulamaları. *Türkiye Klinikleri Spor Hekimliği Dergisi*, 8(2), 35–43.
- Boztepe, M. (2018). Fonksiyonel antrenman kavramı ve uygulama ilkeleri. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 23(2), 85–98.
- Boyle, M. (2014). *Functional training for sports* (2nd ed.). Human Kinetics.
- Boyle, M. (2019). *New functional training for sports* (3rd ed.). Human Kinetics.
- Can, İ. (2019). Kinetik zincir egzersizleri ve biyomekanik etkileri. *Ulusal Spor Bilimleri Dergisi*, 3(1), 21–30.
- Dischiavi, S. L., Wright, A. A., Hirth, C. J., & Danoff, J. V. (2018). Integration of myofascial chains in functional movement patterns. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 22(2), 346–354.
- Duyuler, A. (2019). Fonksiyonel hareket ve sportif performans ilişkisi. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 55–63.
- Dündar, U., & ark. (2018). *Antrenman bilimi: Temel kavramlar ve uygulamalar* (6. Baskı). Nobel Yayıncılık.
- Erken, M. (2018). Fonksiyonel antrenman uygulamalarında üç düzlem hareket analizi. *Spor Eğitim Dergisi*, 2(3), 60–72.
- Konstantinos, N. (2017). Functional anatomy and fascial lines in human movement. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 2(1), 1–12.
- Leblebici, H. (2007). Kinetik zincir egzersizleri ve rehabilitasyon yaklaşımları. *Fizyoterapi Rehabilitasyon Dergisi*, 18(3), 117–125.
- Muscolino, J. E. (2009). *The muscle and bone palpation manual with trigger points, referral patterns and stretching*. Elsevier.
- Muscolino, J. E. (2017). *The muscular system manual: The skeletal muscles of the human body* (4th ed.). Elsevier.
- Muscolino, J. E. (2019). Kinetic chain concepts for body mechanics and manual therapy. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 23(3), 437–443.
- Myers, T. W. (2009). *Anatomy trains: Myofascial meridians for manual and movement therapists* (2nd ed.). Churchill Livingstone.
- Schleip, R., Klingler, W., & Lehmann, H. (2006). Active fascial contractility: Fascia may be able to contract in a smooth muscle-like manner and thereby

influence musculoskeletal dynamics. *Medical Hypotheses*, 65(2), 273–277.

Schleip, R. (2020). *Fascial fitness: How to be supple, strong and pain-free in everyday life and sport*. Lotus Publishing.

Stenger, J. (2018). Functional vs. traditional strength training in performance enhancement. *Strength and Conditioning Journal*, 40(5), 45–52.

Turgut E, Özel Rehabilitasyon Uygulamaları: Kapalı Kinetik Zincir Eğitimi, *Türkiye Klinikleri J Physiother Rehabil-Special Topics*, 2017;3(2):80-5

Yıldız, S. (2013). Kinetik zincir ve fonksiyonel antrenman uygulamaları. *Spor Bilimleri Dergisi*, 24(1), 77–89.

Zırhlı O. 10-12 Yaş Kız Tenisçilerde Fonksiyonel Antrenmanın Biyomotor Becerileri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ağustos 2019.

5. Bölüm

Yorgunluk Monitörizasyonunda Termal Görüntüleme ve Sakatlık Risk Analizi

Samet TORUN¹, Mustafa Cebel TORUN²

Giriş

Spor bilimlerinde yorgunluk monitörizasyonu, antrenman yükünü bireyselleştirme, toparlanma süreçlerini planlama ve sakatlık riskini azaltma açısından kritik bir bileşendir. Bu amaçla subjektif algı ölçekleri, biyokimyasal belirteçler, elektromiyografi (EMG) ve kalp hızı değişkenliği gibi birçok yöntem kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin bir kısmı zaman alıcı, invaziv veya saha koşullarında uygulanması zorlayıcı olabilir. Son yıllarda infrared termografi (IRT), temassız ve non-invaziv bir yöntem olarak sportif yorgunluk izlemede öne çıkmaktadır (Hadžić vd., 2019). Termografi, cilt yüzeyinden yayılan kızılötesi radyasyonu ölçerek bölgesel sıcaklık dağılımını görselleştirir. Kas aktivitesi sırasında oluşan metabolik ısı, periferik dolaşım ve doku-perfüzyon değişimleri sayesinde cilt yüzeyine yansır (da Silva vd., 2022).

Termal Görüntülemenin Temel İlkeleri

Kızılötesi termografi, vücudun yüzey sıcaklığını yüksek hassasiyetle ölçerek renk skalasıyla haritalandırır. Kas aktivitesi, mikrodolaşım, ısı üretimi ve ısı dağılımı arasındaki denge bozulduğunda, bu değişim IRT ile tespit edilebilir. Yorgunluk durumunda kan akımındaki yeniden dağılım, inflamatuvar yanıtlar ve ısı regülasyonundaki değişiklikler nedeniyle cilt sıcaklık profili değişir (Pathak vd., 2024).

Uygulama Protokolleri

IRT ölçümlerinin güvenilirliği, metodolojik standartlara bağlıdır. Oda sıcaklığı 20–23 °C aralığında sabit tutulmalı, katılımcı ölçüm öncesi 15–20 dakika ortam adaptasyonu yapmalıdır (Hadžić vd., 2019). Ölçüm yapılan kas grupları simetrik seçilmeli, egzersiz öncesi bazal ölçüm ve sonrası 0,5,15 dk ve

¹ Arş. Gör., Erciyes Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi
<https://orcid.org/0000-0003-2360-0909>

² Doktora Öğrencisi, Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü
<https://orcid.org/0000-0002-7102-0258>

24-48 saatlik ölçümler önerilmektedir. Ortalama sıcaklık değişimleri, asimetri analizi ve gradyan hesaplamaları yapılmalıdır (Pathak vd., 2024).

Literatürde Yorgunluk ve Termografi İlişkisi

IRT'nin yorgunluk belirteçleri ile ilişkisi literatürde incelenmiştir. Hadžić vd. (2019), quadriceps kontraksiyonları sırasında kas gücü düşüşü ile cilt sıcaklığı artışı arasında negatif korelasyon bulmuştur. da Silva vd. (2022), futbol benzeri protokol sonrası sıcaklık değişimlerini kreatin kinaz düzeyleriyle ilişkilendirmiştir. Yüksel & Koçak (2024), futbolcularda oyun süresi ve cilt sıcaklığı ortalamaları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Kolot & Yüksek (2024), alt ekstremitte cilt sıcaklığı asimetrisi ile ağrı arasında ilişki raporlamıştır. İnfrared termografi, kas yorgunluğu ve performans değişimlerini izlemede etkili bir araçtır. Yüzey sıcaklığı değişimleri, kas gücü düşüşleri, metabolik belirteçler ve ağrı ile ilişkili olup, sporcularda yorgunluk ve sakatlık riskinin erken tespitine olanak sağlar.

Yorgunluk Takibi

Yorgunluk takibi, sporcuların performansını optimize etmek ve aşırı yüklenme sonucu sakatlık riskini azaltmak için kritik öneme sahiptir (Bourdon vd., 2017). Egzersiz yükü, kalp hızı değişkenliği, biyokimyasal belirteçler ve subjektif algı ölçekleri ile takip edilebilir. IRT, non-invaziv bir yöntem olarak kas yorgunluğunu ve toparlanmayı değerlendirmede kullanılır (Fernández-Cuevas vd., 2015). Çoklu modalite yaklaşımı önerilmektedir: IRT + GPS + EMG + biyokimyasal belirteçler ile merkezi ve periferik yorgunluk durumu daha doğru analiz edilir (Pathak vd., 2024).

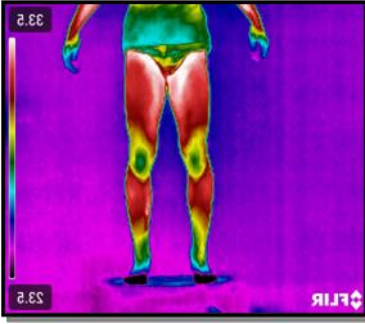
Sakatlık Risk Analizi ve Termal Görüntüleme

Spor bilimlerinde sakatlıkların önlenmesi ve erken teşhisi, antrenman yönetimi ve performans optimizasyonu açısından kritik öneme sahiptir. Geleneksel yöntemler genellikle kas yaralanmalarının oluşmasının ardından müdahale sağlamaya odaklanırken, günümüzde gelişen teknolojiler, sakatlık riskinin önceden tespit edilmesine olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, kızılötesi termal görüntüleme (infrared thermography, IRT), kas ve eklem bölgelerindeki termal değişiklikleri analiz ederek, potansiyel yaralanma bölgelerinin belirlenmesinde önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır (Hadžić ve ark., 2019).

Termal görüntüleme, özellikle profesyonel sporcularda kas sıcaklık asimetrisini tespit etmede etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar, alt ekstremitelerde gözlemlenen cilt sıcaklığı farklılıklarının, kas yaralanmaları ve ağrı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu durum, sakatlık

riskinin erken aşamalarda belirlenmesine ve antrenman programlarının bireyselleştirilmesine imkan tanır (da Silva ve ark., 2022). Ayrıca, termal kameralar ile elde edilen veriler, manyetik rezonans görüntüleme (MRI) gibi maliyetli ve zaman alıcı yöntemlere göre daha hızlı, portatif ve uygulaması kolay bir alternatif sunmaktadır.

Termal görüntüleme verileri, kas aktivitesinin yoğunluğu ve yüklenme miktarı ile ilişkilendirilerek antrenman planlamasında kullanılabilir. Özellikle yoğun egzersiz dönemlerinde, belirli kas gruplarındaki sıcaklık artışları ve asimetrikler, aşırı yüklenme ve mikrotravma riskinin göstergesi olarak değerlendirilebilir. Bu sayede sporcuların performansı optimize edilirken, sakatlıkların önlenmesine yönelik proaktif önlemler alınabilir. Özetle, termal görüntüleme, sakatlık risk analizi sürecinde hem önleyici hem de izleyici bir araç olarak spor bilimleri uygulamalarında giderek daha fazla benimsenmektedir.



Şekil 1. Anterior IRT



Şekil 2. Posterior IRT

Sınırlılıklar ve Tartışma

IRT kullanımında çevresel faktörler, yüzey-derin doku farkı, protokol çeşitliliği ve veri yorumlama farklılıkları önemli sınırlılıklardır (Hadžić vd., 2019; Pathak vd., 2024). IRT verileri, biyokimyasal ve performans ölçütleriyle desteklenmelidir.

Termal Görüntülemede Kullanılan Cihazlar ve Teknolojiler

Laboratuvar tipi kameralar yüksek çözünürlük ve hassasiyet sunarken, saha tipi taşınabilir cihazlar mobil kullanım ve hızlı veri toplama avantajı sağlar (Hadžić vd., 2019). Termal görüntüleme (infrared thermography, IRT), cisimlerin yaydığı kızılötesi radyasyonu algılayarak sıcaklık dağılımlarını iki boyutlu biçimde görselleştiren temassız bir ölçüm yöntemidir. Bu teknoloji, Planck yasasıyla açıklanan elektromanyetik radyasyon prensibine dayanmakta ve genellikle 8–14 μm dalga boyu aralığında çalışmaktadır (Hou vd., 2022).

Termal kameralar genel olarak soğutmalı (cooled) ve soğutmasız (uncooled) dedektör sistemleri olarak iki gruba ayrılır. Soğutmalı sistemlerde indiyum antimonid (InSb) ve merkür kadmiyum tellür (HgCdTe) sensörler kullanılırken, soğutmasız sistemlerde mikrobilometre (microbolometer) dizileri tercih edilmektedir. Soğutmalı kameralar daha yüksek duyarlılık ve çözünürlük sağlasa da, yüksek maliyet, enerji tüketimi ve karmaşık soğutma mekanizması nedeniyle taşınabilirlik açısından sınırlılıklar göstermektedir (Hou vd., 2022).

Günümüzde termal görüntüleme teknolojilerinde yalnızca donanım değil, görüntü işleme algoritmaları da önemli bir gelişim alanı oluşturmıştır. Non-uniformity correction (NUC), kontrast artırma, gürültü azaltma ve sıcaklık kalibrasyonu gibi işlemler, görüntülerin doğruluğunu ve yorumlanabilirliğini geliştirmektedir (Hou vd., 2022). Ayrıca derin öğrenme ve makine öğrenmesi temelli analiz yöntemleri, farklı termal görüntülerin otomatik tanımlanmasına olanak tanımaktadır (Ramirez-GarciaLuna vd., 2022).

Termal görüntüleme yalnızca endüstriyel alanlarda değil, sağlık ve spor bilimlerinde de yaygın bir uygulama alanına sahiptir. Özellikle doku perfüzyonunun ve inflamasyonun izlenmesi, yara iyileşmesi süreçlerinin değerlendirilmesi ve kas iskelet sistemi yaralanmalarının erken tespiti gibi konularda kullanılmaktadır (Ramirez-GarciaLuna vd., 2022). Spor bilimlerinde yapılan çalışmalar, antrenman sonrası kas bölgelerinde oluşan sıcaklık asimetrisinin, lokal kas yorgunluğu ve sakatlık riskini belirlemede önemli bir biyobelirteç olabileceğini göstermektedir (Straburzyńska-Lupa vd., 2022).

Teknolojik gelişmeler, termal görüntülemenin taşınabilir sistemlerle daha erişilebilir hâle gelmesini sağlamıştır. Akıllı telefon tabanlı termal kameralar, klasik laboratuvar sistemlerine kıyasla daha düşük çözünürlük sunsalar da, belirli uygulamalarda benzer ölçüm kararlılığı sergileyebilmektedir (Bernard vd., 2025). Bu tür taşınabilir sistemler, özellikle saha ölçümleri, spor performans takibi ve hızlı klinik taramalarda önemli bir yenilik potansiyeli taşımaktadır.

Sonuç olarak, termal görüntüleme teknolojileri; sensör malzemelerindeki ilerlemeler, görüntü işleme algoritmalarının gelişimi ve taşınabilir cihaz tasarımları sayesinde multidisipliner araştırma alanlarında hızla yaygınlaşmaktadır. Bununla birlikte, çevresel faktörlerin (nem, hava akımı, yansıma, ortam sıcaklığı) ölçüm doğruluğu üzerindeki etkisi devam eden bir sorun olarak öne çıkmakta, bu nedenle cihaz kalibrasyonu ve standardizasyon çalışmalarının önemini artırmaktadır (Ramirez-GarciaLuna vd., 2022; Hou vd., 2022).



Şekil 3. Termal Kamera

Branşa Özel Uygulamalar

Termal görüntüleme protokolleri, spor branşına göre farklılık gösterir. Futbol ve basketbol gibi saha sporlarında alt ekstremité ROI'sinde yüksek sıcaklık değişimleri gözlenir. Dayanıklılık sporlarında merkezi yorgunluk belirteçleri daha belirgindir (Kolot & Yüksek, 2024).

Termal görüntüleme (infrared thermography, IRT), spor bilimlerinde performans takibi, sakatlık önleme ve rehabilitasyon süreçlerinin izlenmesinde giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Futbol

Futbolcularda, antrenman ve maç sonrası kas yorgunluğu ve inflamasyonun tespiti için IRT kullanılmaktadır. Özellikle bacak kaslarında oluşan sıcaklık değişimleri, sakatlık riskini öngörmede etkili bir biyobelirteç olarak değerlendirilmektedir (Hadžić vd., 2019).

Basketbol

Basketbol gibi yüksek tempolu ve tekrarlayan zıplama, ani yön değiştirme ve sert temasların olduğu sporlarda, oyuncuların kas-iskelet sistemi üzerinde yoğun yükler oluşur. Bu nedenle, sporcularda yaralanma riskinin erken tespit edilmesi ve antrenman yükünün bireyselleştirilmesi büyük önem taşır. Infrared termografi (IRT), vücut yüzey sıcaklıklarının non-invaziv olarak ölçülmesini sağlayan bir yöntem olarak, bu ihtiyacı karşılamada etkin bir araçtır (Sampedro, Piñonosa & Fernández-Cuevas, 2012)

Koşu / Atletizm

Uzun mesafe koşucularında, bacak ve ayak bölgelerindeki mikrotravmalar ve inflamasyonlar IRT ile erken dönemde tespit edilebilmektedir. Sıcaklık dağılımındaki değişiklikler, yorgunluk ve aşırı yüklenmeye bağlı sakatlık riskinin belirlenmesine olanak sağlar (Hadžić vd., 2019).

Yüzme

Yüzücülerde omuz ve sırt bölgesi sıcaklık profilleri, aşırı kullanım kaynaklı inflamasyonların izlenmesinde kullanılabilir. Termal görüntüleme, antrenman yoğunluğuna bağlı olarak dokularda oluşan sıcaklık değişikliklerini belirlemeye yardımcı olur (Manullang vd., 2021)

Temas Sporları

Temas sporları, oyuncuların yüksek fiziksel etkileşimde bulunduğu ve bu nedenle sakatlık riskinin arttığı sporlardır. Bu spor dallarında, sakatlıkların erken tespiti ve doğru yönetimi, oyuncuların sağlığı ve performansı açısından kritik öneme sahiptir. Son yıllarda, infrared termografi (IRT), sakatlık analizlerinde etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır.

IRT, vücut yüzeyindeki sıcaklık değişikliklerini ölçerek, inflamasyon, dolaşım değişiklikleri ve metabolik aktivite gibi içsel stres faktörlerini objektif bir şekilde değerlendirmeye olanak tanır. Bu teknoloji, sakatlıkların erken aşamalarında bile değişiklikleri tespit edebilmesi sayesinde, proaktif bir yaklaşım sunar.

Örneğin, bir Amerikan futbolu oyuncusunun hamstring kasındaki intramüsküler tendon yaralanması sonrası yapılan IRT taramaları, iyileşme sürecini izlemek ve spora dönüş kararlarını desteklemek için kullanılmıştır. Bu tür uygulamalar, IRT'nin sakatlık analizlerinde ne kadar değerli bir araç olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, temas sporlarında sakatlık analizleri için infrared termografi kullanımı, oyuncuların sağlığını korumak ve performanslarını optimize etmek adına önemli bir yöntemdir (Kikugawa, 2025).

Etik ve Güvenlik Konuları

Termal görüntüleme, sporculardan kişisel veri toplama anlamına geldiğinden etik ve gizlilik kurallarına uyulması gerekir (Hadžić vd., 2019). Ölçümler sırasında sporcu rızası alınmalı ve veriler sadece bilimsel amaçla kullanılmalıdır. Gelişen teknolojiyle birlikte termal görüntüleme (infrared thermography, IRT) sistemlerinin yaygınlaşması, yalnızca teknik performans değil aynı zamanda etik ve güvenlik boyutlarının da dikkatle ele alınmasını gerektirmektedir. Bu sistemler, insan vücudunun veya ortamların termal haritalarını çıkarabilmekte; ancak bu potansiyel aynı zamanda mahremiyet, veri güvenliği ve etik kullanım açısından riskler taşımaktadır.

Etik Boyutlar

Özellikle tüketici düzeyinde erişimi artan termal kameralar, bireylerin vücut sıcaklığı, hareketleri ve fizyolojik durumları gibi bilgilere temassız biçimde erişim imkânı yaratmaktadır. Örneğin, bir kullanıcı ev içindeki termal kameranın yardımıyla bir kişinin banyo yaptığı ya da dinlenme anında olduğu gibi özel anlarını görebilir. Bu durum, kullanıcıların kentsel veya ev ortamında izinsiz gözetlenme kaygısını artırmaktadır (Sahoo vd., 2022). Yapılan bir çalışmada katılımcılar, termal görüntüleme teknolojisinin “özel alan” üzerindeki etkisini vurgulamış ve ölçüm yapılırken bilgilendirilmiş onamın, kullanıcı mahremiyetinin ve veri minimalizasyonunun önemini belirtmişlerdir.

Ayrıca, bir robotik termal görüntüleme sistemi bağlamında yapılan başka bir çalışmada, termal kameraların yüz görüntülerini barındırmasa bile kişiyi tanımlamaya elverişli veri üretebileceği, yani “görünmez” olarak kabul edilen izlemenin yine de kişisel veri oluşturabileceği vurgulanmıştır (Lintvedt, 2023). Bu durumda, termal kameraların sadece görüntü algılayıcısı olmayıp aynı zamanda biyometrik bilgi üretme potansiyeli taşıdığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Güvenlik ve Veri Koruma

Termal görüntüleme cihazları teknik olarak bazı güvenlik açıklarına da sahiptir. Örneğin, bir çalışmada termal sistemlere yönelik fiziksel saldırı senaryoları geliştirilmiş, bir nesnenin üzerine yerleştirilen termal blok (advanced infrared blocks) ile termal algılayıcının yanıltılabileceği gösterilmiştir (Hu vd., 2023). Bu durum yalnızca cihaz güvenliği açısından değil, elde edilen termal görüntü verisinin güvenilirliği açısından da önemlidir.

Bunun yanında, termal ölçüm cihazlarının kullanıcı davranışlarını, fizyolojik tepkileri ve hatta kimlik doğrulama süreçlerini izleyebileceği düşünülmektedir. Bu nedenle termal görüntüler “kişisel veriler” kapsamında değerlendirilebileceği gibi, sağlık verisi ya da biyometrik veri niteliği taşıyabilir (Lintvedt, 2023). Bu durumda ilgili yasal regulasyonlara (örneğin Avrupa Birliği’nin GDPR ilkeleri) uygunluk sağlanmalı, işlem yapılırken veri minimizasyonu, şeffaflık ve güvenli saklama gibi önlemler alınmalıdır.

Ek olarak, bir kullanıcı çalışmasında termal kameraların ev içinde kullanımına dair algıların incelendiği araştırmada katılımcılar, termal kameraların kişisel alanı ihlal edebileceğini düşündüklerini belirtmişlerdir (Sahoo vd., 2022). Bu da sadece teknik güvenlik değil, kullanıcı algoritma anlayışı, bilgilendirilmiş onam ve etik tasarım yaklaşımının da gerekliliğini göstermektedir.

Uygulama Çerçevesi ve Öneriler

Termal görüntüleme sistemlerinin güvenli ve etik bir biçimde kullanımı için aşağıdaki çerçeve önerilebilir:

-Cihaz kullanıcılarının ve izlenen bireylerin bilgilendirilmiş onam süreçleri olmalıdır; hangi tür görüntü alındığı, ne amaçla kullanılacağı açıkça bildirilmelidir.

-Termal görüntülerde elde edilen verinin veri minimizasyonu ilkesi doğrultusunda tutulması; yalnızca gerekli veriler toplanmalı, fazladan biyometrik veya tanımlayıcı bilgi içerilmemelidir.

-Termal sistemlerin fiziksel, yazılım ve algoritmik güvenliği sağlanmalı; cihazların kötüye kullanımı, manipülasyonu ya da yanıltılması önlenmelidir.

-Kullanıcı mahremiyeti açısından şeffaflık, kullanım izni ve kullanımın sınırlandırılması (örneğin ev içi kullanımda açıklandı) önemlidir.

-Yasal uyumluluk göz önünde bulundurulmalı; kişisel veri ve sağlık verisi kapsamında olabilirliği değerlendirilip gerekli düzenleyici yükümlülükler yerine getirilmelidir (örneğin GDPR).

-Tasarım sürecinde etik düşünce ve kullanıcı perspektifi entegre edilmeli; termal kameraların sadece “görünmez gözetleme” aracı değil, farkındalıkla kullanılan bir teknoloji olması hedeflenmelidir.

Gelecek Perspektifleri

Termal görüntüleme teknolojisi, sporcuların yorgunluk seviyelerini izleme ve sakatlık risklerini değerlendirme alanında giderek daha kritik bir araç hâline gelmektedir. Özellikle spor sonrası kas bölgelerindeki sıcaklık değişimlerinin, iç yük parametreleri ve metabolik yanıtlarla ilişkilendirilmesi, bireyselleştirilmiş antrenman ve toparlanma stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Gelecekte, bu teknolojinin saha ölçümleri ve klinik uygulamalarla entegrasyonu, erken uyarı sistemleri ve sakatlık önleme protokollerinin etkinliğini artırarak performans yönetiminde önemli bir ivme kazandıracaktır. Ayrıca, standartlaştırılmış protokoller ve yapay zekâ tabanlı analiz sistemleri ile termal görüntülemenin doğruluk ve güvenilirliğinin artırılması öngörülmektedir (Masur vd., 2024).

Yüksek Çözünürlük ve Sensör Teknolojisi

Gelecekte, daha duyarlı termal kameraların geliştirilmesi beklenmektedir. Daha yüksek çözünürlük, daha düşük gürültü, daha küçük ve taşınabilir sistemler öne çıkmaktadır (Manullang vd., 2021). Ek olarak, sensör teknolojisinin yanı sıra veri işleme algoritmalarının gelişmesi de kritik bir nokta

olarak görülmektedir. Yapay zekâ ve makine öğrenmesi temelli analiz yöntemleri termal görüntü analizine entegre edilebilecektir (Stanley vd., 2024).

Standartlaşma ve Protokoller

IRT'nin geniş çapta kabul görmesi için teknik standartların, test protokollerinin ve ortam koşullarına dair kontrol mekanizmalarının geliştirilmesi gerekmektedir (Shterenshis, 2017). Gelecekte, uluslararası düzeyde kabul gören ölçüm protokollerinin ve karşılaştırılabilir veri setlerinin oluşturulması IRT'nin klinik, endüstriyel ve saha uygulamalarındaki güvenilirliğini artıracaktır.

Büyük Veri, Yapay Zekâ ve Otomasyon

IRT'nin güçlü bir şekilde büyüyeceği alanlardan biri, büyük veri analitiği ve yapay zekâ ile entegrasyonudur. Özellikle sağlık ve sahada kullanılan sistemlerde büyük termal görüntü verilerinin toplanması ve bu veriler üzerinden öğrenen sistemlerin kurulması öngörülmektedir (Stanley vd., 2024). Bu sayede şunlar mümkün olabilir: anormalliklerin otomatik tespiti, gerçek zamanlı uyarı sistemleri ve saha koşullarında taşınabilir sistemlerle hızlı tarama ve analiz.

Yeni Uygulama Sahaları

IRT'nin gelecekte uygulama sahaları da çeşitlenmektedir. Örneğin, spor bilimlerinde antrenman yükü ve sakatlık riski takibi için termal görüntüleme sistemleri yaygınlaşabilir. Endüstride ise üretim hattındaki kalite kontrol süreçlerinde IRT, diğer yöntemlerle birleşerek erken tespit imkânı verebilir (Manullang vd., 2021). Ayrıca, taşınabilir cihazlar ve akıllı telefon modüllerine entegre termal sensörler gibi saha-mobil çözümler gelecekte daha yoğun kullanılabilir.

Zorluklar ve Dikkat Edilmesi Gerekenler

Gelecek için büyük bir potansiyel olsa da bazı engeller mevcuttur. Ortam koşullarının etkisi (emisivite farkları, hava akımı, nem), cihaz kalibrasyonu, kullanıcı eğitimi, veri gizliliği ve etik kullanım gibi konular öne çıkmaktadır (Shterenshis, 2017; Putrino vd., 2024). Bu alanlarda ilerleme olmadan "IRT'nin yaygın kabul görmesi" zor olabilir. Dolayısıyla teknolojinin geleceği için yalnızca sensör ve algoritma değil; aynı zamanda politika, etik ve standartlaştırma süreçleride eş-zamanlı gelişmelidir.

Sonuç

İnfrared termografi, spor bilimlerinde hem performans takibi hem de sakatlık riskinin değerlendirilmesi açısından önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Yöntemin non-invaziv ve temassız olması, saha ve laboratuvar koşullarında esnek bir şekilde uygulanmasına imkân tanımaktadır. Kas aktivitesi ve metabolik yanıtlar nedeniyle oluşan yüzey sıcaklığı değişimleri, yorgunluk seviyeleri ve potansiyel mikrotravmalar hakkında erken uyarı sağlayabilmektedir. Özellikle temas sporları ve yüksek tempolu saha sporlarında, belirli kas gruplarındaki sıcaklık asimetrisi ve ani değişimler, sporcuların aşırı yüklenme ve sakatlık riskine karşı proaktif önlemler alınmasına olanak verir. Bununla birlikte, ölçümlerin güvenilirliği çevresel faktörler, cihaz kalibrasyonu ve metodolojik standartlara bağlıdır; bu nedenle verilerin dikkatli yorumlanması ve çoklu modalite yaklaşımlarıyla desteklenmesi gerekmektedir. Gelecekte taşınabilir sistemler, yapay zekâ tabanlı analizler ve standardize protokoller sayesinde termal görüntülemenin hem saha uygulamalarında hem de rehabilitasyon süreçlerinde daha yaygın ve etkili bir araç olarak kullanılacağı öngörülmektedir. Sonuç olarak, infrared termografi sporcuların sağlığını korumada, performansını optimize etmede ve sakatlıkları önleyici stratejiler geliştirmede kritik bir rol oynamaktadır.

Kaynakça

- Bernard, V., Staffa, E., Pokorná, J. ve Šimo, A. (2025). Assessing detector stability and image quality of thermal cameras on smartphones for medical applications: A comparative study. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 63(3), 2707-2715. <https://doi.org/10.1007/s11517-025-03348-4>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., vd. (2017). Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(S2), S216–S230.
- da Silva, A. G., Albuquerque, M. R., Reis, H. H. T., Ferreira, F. G., & Marins, J. C. B. (2022). Infrared thermography detects soccer-induced residual fatigue: A single-case study. *Motricidade*, 18(2), 191–198.
- Fernández-Cuevas, Í., Bouzas-Marins, J. C., Arnáiz-Lastras, J., Gómez-Carmona, P. M., Piñonosa Cano, S., García-Concepción, M. Á., & Sillero-Quintana, M. (2015). Spor ve egzersiz tıbbında kızılötesi termografinin doğru kullanımı için temeller. *Infrared Physics & Technology*, 71, 28–55. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2015.02.007>
- Hadžić, V., Širok, B., Malneršič, A., & Čoh, M. (2019). Can infrared thermography be used to monitor fatigue during exercise? *Journal of Sport and Health Science*, 8(1), 89–92.
- Hou, F., Zhang, Y., Zhou, Y., Zhang, M., Lv, B. ve Wu, J. (2022). Review on infrared imaging technology. *Sustainability*, 14(18), 11161. <https://doi.org/10.3390/su141811161>
- Hu, C., Shi, W., Jiang, T., Yao, W., Tian, L., Chen, X., Zhou, J., & Li, W. (2024). Adversarial infrared blocks: A multi-view black-box attack to thermal infrared detectors in physical world. *Neural Networks*, 175, 106310. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2024.106310>
- Kikugawa, K. (2025). *Infrared thermography for load management, rehabilitation, and return to play*. Sportsmith. Erişim: <https://www.sportsmith.co/articles/infrared-thermography-for-injury-diagnosis-rehab-and-return-to-play/>
- Kolot, O., & Yüksek, S. (2024). Termografi ölçümlerinin sporcularda kas sakatlıklarını belirleme ve önlemedeki etkisi. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 8(2), 163–174.
- Lintvedt, N. (2023). Thermal imaging in robotics as a privacy-enhancing or privacy-invasive measure: Misconceptions of privacy when using thermal cameras in robots. *Digital Society*, 2(1), Article 33. <https://doi.org/10.1007/s44206-023-00060-4>

- Manullang, M. C. T., Lin, Y.-H., Lai, S.-J., & Chou, N.-K. (2021). Implementation of Thermal Camera for Non-Contact Physiological Measurement: A Systematic Review. *Sensors*, 21(23), 7777. <https://doi.org/10.3390/s21237777>
- Masur, L., vd. (2024). Response of infrared thermography related parameters to (non-)sport specific exercise and their relationship with internal load parameters in athletic populations. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, Article 1479608. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1479608>
- Pathak, P., Gururaja, S., Kumar, V., Vaidya, U., & Moghanlou, M. R. (2024). Examining infrared thermography based approaches to rapid fatigue characterization. *Composite Structures*, 351(1), 118610. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2024.118610>
- Putrino, A., Cassetta, M., Raso, M., Altieri, F., Brilli, D., Mezio, M., Circosta, F., Zaami, S., & Marinelli, E. (2024). Clinical Applications, Legal Considerations and Implementation Challenges of Smartphone-Based Thermography: A Scoping Review. *Journal of Clinical Medicine*, 13(23), 7117. <https://doi.org/10.3390/jcm13237117>
- Sahoo, L., Miazhi, N. S., Shehab, M., Alt, F., & Abdelrahman, Y. (2022). You know too much: Investigating users' perceptions and privacy concerns towards thermal imaging. *Proceedings of the 2022 Privacy Symposium (Privacy'22)*. Bundeswehr University Munich. <https://www.unibw.de/usable-security-and-privacy/publikationen/pdf/sahoo2022privacy.pdf>
- Sampedro, J., Piñonosa, J., & Fernández-Cuevas, I. (2012). *Thermography as a new assessment tool in basketball* [Pilot study]. *Journal of Human Sport and Exercise*, 7(3), 485-492. <https://doi.org/10.14198/jhse.2012.7.3.06>
- Shterenish, M. (2017). Challenges to Global Implementation of Infrared Thermography Technology: Current Perspective. *Central Asian Journal of Global Health*, 6(1), 289. <https://doi.org/10.5195/cajgh.2017.289>
- Straburzyńska-Lupa, A., Maciejewska-Skrendo, A., Mynarski, W., Lupa, B., Skrzypczyk, R., Woldańska-Okońska, M., & Ignasiak, Z. (2022). The use of thermal imaging for monitoring the training process of professional male sweep rowers. *Scientific Reports*, 12(1), 20848. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20848-7>
- Stanley, S. A., Divall, P., Thompson, J. P., & Charlton, M. (2024). Uses of infrared thermography in acute illness: A systematic review. *Frontiers in Medicine*, 11(1), Article 1412854. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1412854>

- Yüksel, C., & Koçak, M. S. (2024). Futbolcularda oyun süresi ile cilt sıcaklığı ortalamalarının termal kamera uygulamasıyla incelenmesi. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 16(3), 257–264.
- Ramirez-GarciaLuna, J. L., Bartlett, R., Arriaga-Caballero, J. E., Fraser, R. D. J., ve Saiko, G. (2022). Infrared thermography in wound care, surgery, and sports medicine: A review. *Frontiers in Physiology*, 13(1), 838528. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.838528>

6. Bölüm

Apolipoprotein E ve Beslenme

Sibel TETİK DÜNDAR¹

Apolipoprotein E (apoE), kan lipid taşınmasında anahtar apolipoproteinlerden biridir ve özelliklere sahiptir: yüksek hidrofobisite, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) reseptörüne ve ilgili reseptörlere bağlanma yeteneği, vücuttaki çeşitli dokularda üretim, beyin omurilik sıvısı lipoproteinlerinin merkezi apoproteinini olarak hareket etme, işlevleri ve genetik mutasyonlara duyarlılıkları değişen üç ana izoforma (apoE2, apoE3 ve apoE4) sahip olma (Zannis ve ark., 1982).

ApoE bozuklukları, dislipidemi ve miyokard enfarktüsüne neden olan aterosklerozla ilişkilidir ve apoE eksikliği olan fareler ateroskleroz için model hayvan olarak kullanılır (Zhang ve ark., 1992; Plump ve ark., 1992). Aslında, apoE yalnızca dislipidemi ile değil aynı zamanda lipoprotein glomerülopatisi, renal glomerüler lezyon ve geç başlangıçlı Alzheimer hastalığı (AD) ile de ilişkilidir.

Lipoproteinler ve ApoE

Lipoproteinlerle birlikte var olan proteinlere apolipoproteinler (apoproteinler) denir. ApoE de dahil olmak üzere birçok apoprotein amfipatik bir α -heliks yapısına sahiptir. Apoproteinler arasında apoprotein B100 (apoB100) ve apo B100'ün amino terminal %48'i olan ve apoprotein B48'i (apoB48) oluşturan proteinler çok büyük moleküler ağırlıklı proteinlerdir. ApoB48 (moleküler ağırlığı 240 kDa) şilomikronlarda ve şilomikron kalıntılarında bulunurken, apoB100 (moleküler ağırlığı 500 kDa) çok düşük yoğunluklu lipoprotein (VLDL), orta yoğunluklu lipoprotein (IDL) ve LDL'de bulunur.

Her iki apoB formunun tek bir kopyası lipoprotein parçacıkları üzerinde bulunur ve lipoprotein parçacıkları arasında hareket etmezler. Buna karşılık, apoE'nin ve 6–50 kDa moleküler ağırlıklara sahip diğer küçük apoproteinlerin birden fazla kopyası, örneğin apoprotein (apo)A-I, A-II, A-V, C-II ve C-III, tek bir lipoprotein partikülünde bulunur ve lipoproteinler arasında hareket edebilir.

¹ Doç. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, 0000-0001-6813-0969

LDL hücreler tarafından alındığında, apoB100, alım için bir ligand olarak LDL reseptörüne bağlanır. ApoE, LDL reseptörüne bağlanabilen tek diğer ligandır. ApoB100 yalnızca LDL reseptörüne bağlanabilirken, apoE, LDL reseptörüne ek olarak birçok LDL reseptörüyle ilişkili reseptöre ve hücre yüzeyi heparan sülfat proteoglikanlarına (HSPG'ler) bağlanabilen bir ligandır (Mahley ve ark., 2009).

ApoE'nin İşlevi

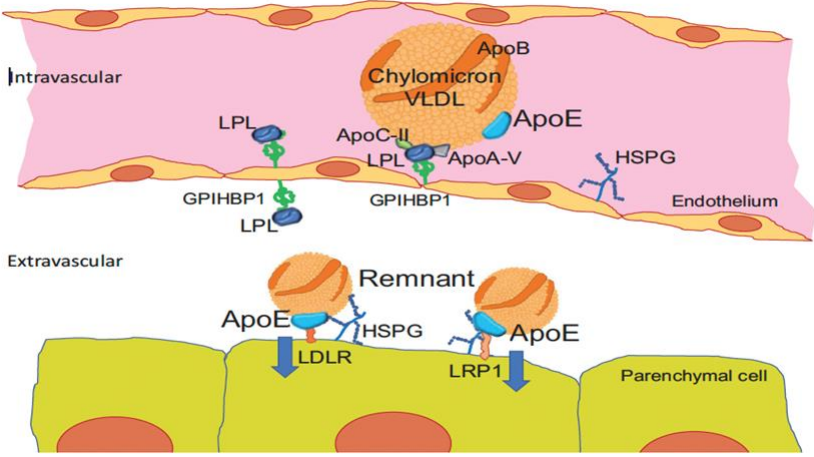
ApoE, vücuttaki çok sayıda doku tarafından sentezlenen ve salgılanan çok işlevli bir proteindir, ancak hepatositler apoE periferik kan havuzunun yaklaşık %75'ine katkıda bulunur (Mahley ve ark., 2009). ApoE'nin yüksek lipofilitesi nedeniyle, çoğu kandaki lipoproteinlerde bulunur.

Plazmada, apoE başlıca şilomikronlar, şilomikron kalıntıları, VLDL, IDL ve yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) ile ilişkilidir. ApoE'nin ana işlevlerinden biri, kalıntıların (şilomikron ve VLDL) ve HDL'nin hepatositler tarafından alınması yoluyla lipoprotein temizliğini sağlamaktır (Şekil 1).

ApoE'nin LDL reseptör bağlama afinitesinin apoB100'ün (Mahley, 2017) 20 katından fazla olduğu bildirilmiştir. ApoE, LDL reseptörü (LDLR), LDL reseptörüyle ilişkili proteinler (LRP) LRP1, LRP2 ve LRP8 ve apoE içeren lipoprotein parçacıklarının hücre alımını sağlayan çok düşük yoğunluklu lipoprotein reseptörü (VLDLR) dahil olmak üzere çok çeşitli hücre reseptörlere bağlanır (Martinez-Martinez ve ark., 2020).

ApoE ayrıca heparin bağlama aktivitesi gösterir ve hücrelerin yüzeyindeki HSPG'lere bağlanır, bu özellik hücreler tarafından apoE içeren lipoproteinlerin yakalanmasını ve reseptör aracılı alımını destekler (Marais, 2019). Bu reseptörlerle ve HSPG-LRP yoluyla etkileşimi sayesinde apoE, kalan lipoprotein katabolizmasını sağlar (Şekil 1). ApoE, VLDL'lerin hepatik biyosentezinde ve periferik dokular tarafından alınmasında rol oynar ve kas, kalp ve yağ dokularında trigliseritlerin ve enerji depolanmasının iletilmesini sağlar.

ApoE ayrıca merkezi sinir sisteminde lipid taşınmasında önemli bir rol oynar ve nöronların hayatta kalmasını ve filizlenmesini düzenler.

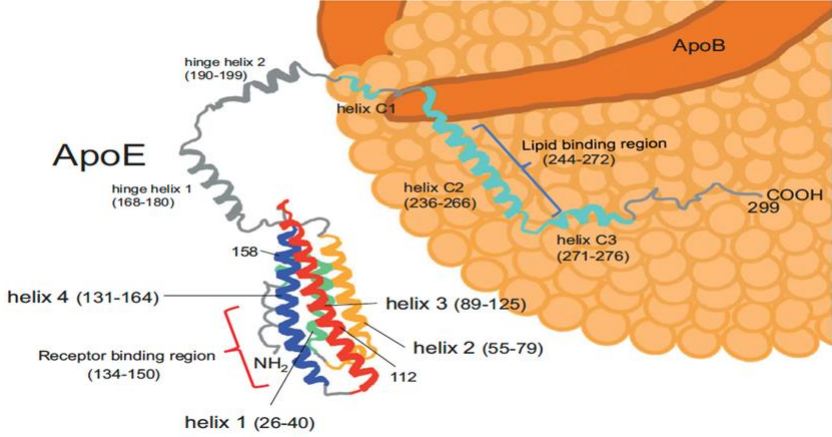


Şekil-1. ApoE'nin kan damarlarının içindeki ve dışındaki trigliserit açısından zengin lipoprotein parçacıkları veya kalıntı parçacıklar üzerindeki işlevinin şematik diyagramı (Matsunaga ve Saito, 2025).

(ApoE, LDL reseptörü (LDLR), LDL reseptörüyle ilişkili proteinler ve çok düşük yoğunluklu lipoprotein reseptörü (VLDLR) dahil olmak üzere çok çeşitli hücresele reseptörlere ve apoE içeren lipoprotein partiküllerinin hücresele alımına aracılık eden heparan sülfat proteoglikanlarına (HSPG) bağlanır. Bu arada, damarlarda VLDL ve kilomikron partikülleri üzerindeki apoE, apoC-II ve apoA-V tarafından teşvik edilen lipoprotein lipaz (LPL) tarafından trigliserit bozunma sürecini rekabetçi bir şekilde inhibe eder. GPIHBP1: glikosilfosfatidilinositol bağlantılı yüksek yoğunluklu lipoprotein bağlayıcı protein 1, LRP1: LDL reseptörüyle ilişkili protein 1.)

ApoE'nin Yapısı

İnsan apoE'si, moleküler ağırlığı 34 kDa (Mahley ve Rall, 2000) olan 299 amino asit kalıntısından oluşan bir proteindir. ApoE'nin birçok amfipatik α -heliksi vardır (Şekil 2).



Şekil-2. Triglicerid açısından zengin lipoprotein partikülü içeren insan apoE modeli yapısı (Matsunaga ve Saito, 2025).

(ApoE, üç yapısal alana ayrılır: dört α -sarmalına (sarmal 1-4) bağlı N-terminal alanı (kalıntılar 1-167), iki sarmallı (kalıntılar 168-180 ve 190-199) menteşe alanı (kalıntılar 168-205) ve lipitlere daha da güçlü bağlanan C-terminal alanı (kalıntılar 206-299). ApoE'nin C-terminal alanı, hidrojen bağları ve tuz köprüleri oluşturarak N-terminal alanının sarmalıyla etkileşime girer. N-terminal alanı sarmal 4'ün 134-150 amino asit kalıntılarının bulunduğu bölge, polar yüzünde birçok temel amino asit içerir ve LDL reseptörüne bağlanma açısından önemlidir).

Bu heliksler, hidrofobik ve polar kalıntıları iki düzleme ayırır ve bunların lipoproteinler gibi polar-polar olmayan arayüzlerde adsorbe olmasını sağlar. ApoE üç yapısal alana ayrılmıştır: dört α -heliks (heliks 1-4) bağlı N-terminal alanı (kalıntılar 1-167), iki heliks (kalıntılar 168-180 ve 190-199) içeren menteşe alanı (kalıntılar 168-205) ve lipitlere daha da güçlü bağlanan üç heliks (kalıntılar 210-223, 236-266 ve 271-276) içeren C-terminal alanı (kalıntılar 206-299) (Şekil 2).

1991'de bildirilen apoE3'ün N-terminal alanının ilk yapısal tespiti, bunun benzersiz bir dört- α -heliks demeti olduğunu gösterdi (Şekil 2) (Wilson ve ark., 1991; Dolai ve ark., 2020). N-terminal alanının yapısı daha sonra apoE3 için NMR ve apoE3 ve apoE4 için X-ışını kristalografisi ile daha kesin olarak belirlendi.

Beklendiği gibi, heliks 2'deki polar grupların (kalıntılar 55-79) ve heliks 4'teki bölgenin (kalıntılar 131-164) çözücüye maruz kaldığı gösterildi. Kapsamlı analizlere rağmen, lipitlere karşı çok yüksek afinitesi nedeniyle apoE'nin tüm yapısı, C-terminal alanı da dahil olmak üzere, belirlenene kadar 20 yıl geçti ve tam uzunluktaki proteinin daha yüksek dereceli yapısı ilk olarak 2011'de bildirildi (Chen ve ark., 2011).

ApoE'nin C-terminal alanının, hidrojen bağları ve tuz köprüleri oluşturarak N-terminal alanının heliksleriyle etkileşime giren üç α -heliksle sahip olduğu ortaya çıktı.

N-terminal alan heliksi 4'ün 134-150 amino asit kalıntılarının bölgesi, polar yüzünde birçok temel amino asit içerir ve LDL reseptörüne bağlanmak için önemlidir (Şekil 2). Bu arada, heparin bağlanma bölgeleri hem N-terminal hem de C-terminal alanlarında bulunur; N-terminal alanındaki heparin bağlanma bölgesi, LDL reseptörü bağlanma bölgesiyle örtüşen 142-147 kalıntılarında bulunur (Weisgraber ve ark., 1986).

Aslında, HSPG bağlanma aktivitesi, Arg142, Arg145 ve Lys146 temel amino asitlerindeki varyantlar tarafından önemli ölçüde azaltılır ve bu kalıntıların heparin bağlanmasına katkıda bulunduğunu gösterir. ApoE'nin HSPG'lerle etkileşimi, apoE içeren lipoproteinlerin plazmadan temizlenmesinde ilk adım olabilir (Şekil 1).

Apolipoprotein E (ApoE), dolaşımdaki lipoproteinlerin, ApoE reseptörlerine bağlanarak kandan lipoproteinlerin temizlenmesini sağlayan önemli bir bileşenidir (Goldstein ve Brown, 2015).

İnsan ApoE'si, farklı reseptör bağlama özellikleri gösteren üç alelik genetik varyantta, ApoE2, ApoE3 ve ApoE4'te ifade edilir (Calandra ve ark., 2011). ApoE2, en azından bazı koşullar altında, ApoE reseptörlerine ApoE3'ten çok daha az güçlü, ApoE4 ise daha güçlü bağlanır (Weisgraber ve ark., 1982; Utermann, 1985; Mamotte ve ark., 1999).

Muhtemelen farklı ApoE reseptörü bağlanma özelliklerinden dolayı hem ApoE2 hem de ApoE4 homozigotluğu, farklı şiddette de olsa dislipoproteinemilere yatkınlık oluşturur (de Knijff ve ark., 1994; Smelt ve de Beer, 2004).

Ancak ApoE yalnızca kanda bulunmaz, aynı zamanda beyinde aktif astrositler ve mikrogliya tarafından salgılanır (Schmidt ve ark., 2014; Lane-Donovan ve Herz, 2017). Beyindeki ApoE üretimi muhtemelen fizyolojik olarak önemlidir çünkü ApoE4, Alzheimer hastalığı (AD) için en önemli genetik risk faktörüdür, oysa ApoE2 AD'ye karşı koruma sağlar (Strittmatter ve ark., 1993; Rebeck ve ark., 2002). Ancak, beyindeki üç ApoE varyantının işlevsel aktiviteleri ve AD patogenezindeki farklı etkileri tam olarak anlaşılmamıştır. ApoE gen mutasyonlarını inaktive etmek için homozigot olan hastalar şiddetli dislipoproteinemiden muzdariptir ancak bilişsel olarak normal görünürler ve majör nörolojik bozukluklar göstermezler, bu da ApoE'nin normal beyinde gerekli olmadığını veya nörodejeneratif süreçleri önlemek için gerekli olmadığını düşündürmektedir (Ghiselli ve ark., 1981; Lohse ve ark., 1992; Mak ve ark., 2014).

Ancak, ApoE hasar tepkisi veya onarımı sırasında koruyucu bir sinyal olabilir, bu olasılık mikrogliya ve astrosit aktivasyonunun ApoE ekspresyonunu indüklediği bulgusuyla desteklenmektedir (Poirier ve ark., 1991; Saura ve ark., 2003). Karşılıklı olarak birbirini dışlamayan en az üç büyük hipotez, ApoE2 ve ApoE4'ün sırasıyla AD patogenezinin karşı koruma veya onu desteklemedeki rolünü açıklamak için ileri sürülmüştür. İlk hipotez, ApoE'nin AD patogenezinin katkıda bulunduğu düşünülen

amiloid- (A) peptitlerinin temizlenmesi için önemli olduğu gözlemine dayanmaktadır (Deane ve ark., 2008; Castellano ve ark., 2011; Verghese ve ark., 2013; Robert ve ark., 2017). Burada, ApoE4'ün A temizlenmesini azaltarak ve A seviyelerini artırarak AD'yi desteklediği öne sürülmektedir, ancak A'nın AD patogenezindeki kesin rolü hala belirsizdir.

İkinci hipotez, ApoE'nin başka bir önemli AD risk faktörü olan mikroglial yüzey reseptörü olan TREM2'ye bağlandığı bulgusuyla çerçevelenmiştir (Guerreiro ve ark., 2013; Jonsson ve ark., 2013; Atagi ve ark., 2015; Bailey ve ark., 2015; Colonna ve Wang, 2016; Yeh ve ark., 2016).

ApoE'nin TREM2'ye bağlanmasının mikroglialı düzenlediği düşünülmektedir (Jendresen ve ark., 2017) ve ApoE4, örneğin A -bağımlı bir şekilde mikroglialı bozarak normal mikroglial işlevi engelleyerek AD patogenezini teşvik edebilir (Krasemann ve ark., 2017; Ulrich ve ark., 2018).

Ancak, TREM2 klasik ApoE bağlayıcı LDL reseptör alanlarından yoksundur (Südhof ve ark., 1985) ve mikroglialar bol miktarda ApoE üretirler ve bu nedenle otokrin bir şekilde hareket etmek zorunda kalırlar (Boyles ve ark., 1985; Martins ve ark., 2001; Nathan ve ark., 2001).

Üçüncü hipotez, ApoE2, ApoE3 ve ApoE4'ün hücre içi sinyalleme kontrol eden nöronal ApoE reseptörlerini farklı şekilde aktive ettiğini ve nöronal ApoE reseptörlerini uyarmada ApoE varyantları arasındaki farklılıkların AD riskindeki değişikliklerle ilişkili olduğunu ileri sürer.

Bu hipotez, ApoE'nin nöronal sinyalleme aktif ettiğini (Gotthardt ve ark., 2000; Ohkubo ve ark., 2001; Qiu ve ark., 2004) ve ApoE varyantlarının nöronal sinyalleme aktif etmede farklı bir etkinlik gösterdiği ve böylece ApoE4 ApoE3 ApoE2'nin potans sırasına sahip nöronlarda APP ve A sentezinin farklı indüksiyonuna neden olduğu gözlemine dayanmaktadır (Huang ve ark., 2017). Potansiyel olarak, üç ApoE varyantının lipidasyon durumlarında farklılık gösterebileceğine dair kanıtlar da vardır ve bu da ApoE parçacıklarının hedef hücreleri ve reseptörleriyle etkileşimini etkileyebilir (Weisgraber, 1994; Hu ve ark., 2015; Heinsinger ve ark., 2016). Bununla birlikte, farklı nöronal ApoE kaynaklı nöronal sinyallemenin AD patogenezini nasıl destekleyebileceği de belirsizliğini korumaktadır.

Genetik profil ve yaşam tarzı faktörleri bilişsel işlevle ilişkilidir (Davies ve ark., 2018; Kivipelto ve ark., 2018). Çeşitli genetik faktörler arasında, apolipoprotein E (APOE) ϵ 4 aleli en önemlisidir ve yaşam boyu bilişsel gerilemedeki varyansın yaklaşık %5'ini ve Alzheimer hastalığındaki (AH) varyansın %4'ünü açıklar (Davies ve ark., 2014).

APOE, AD'nin ayırt edici bir özelliği olan amiloid beta'nın temizlenme oranıyla ilişkilidir ve ε4 alelinin varlığı daha yavaş bir temizlenme oranına işaret eder Castellano ve ark., 2011).

Değiştirilebilir yaşam tarzı faktörlerinin biliş üzerindeki etkisi birçok çalışmada gösterilmiştir (Baumgart ve ark., 2015; Smith ve Blumenthal, 2012). Önceki çalışmalar, sigara veya alkolden uzak durma, düzenli fiziksel aktiviteye bağlı kalma ve sağlıklı bir beslenme düzeniyle karakterize edilen daha sağlıklı bir yaşam tarzının düşük bilişsel bozulma insidansı ile ilişkili olduğunu kanıtlamıştır (Baumgart ve ark., 2015; Licher ve ark., 2019; Peters ve ark., 2019). Ancak, önceki araştırmaların çoğu tek yaşam tarzı faktörlerini incelemiştir; yalnızca birkaç çalışma birleşik yaşam tarzı profilinin biliş üzerindeki etkisini araştırmıştır. Örneğin, 65 yaş üstü 977 Koreli yetişkini kapsayan bir çalışma, daha sağlıklı bir yaşam tarzı profilinin daha düşük bir bilişsel gerileme oranıyla ilişkili olduğunu göstermiştir (Lee ve ark., 2008).

Buna ek olarak, birden fazla yaşam tarzı davranışının artan bir faydası gözlemlenmiştir. Ancak, sağlıklı bir yaşam tarzının, dünya çapında en hızlı büyüyen nüfus kesimini temsil eden en yaşlı (80 yaş ve üzeri) kişilerde bilişsel işlevlere nasıl katkıda bulunabileceği hala belirsizdir. Yaşam tarzının bilişsel işlevler üzerindeki etkisinin, farklı APOE genotipleriyle temsil edilen genetik demans riskine göre değişip değişmediği hala belirsizdir (Jin ve ark., 2021).

Önceki araştırmalar, APOE genotipi ve yaşam tarzı faktörleri arasındaki bilişsel sonuçlar üzerindeki etkileşimler konusunda tutarsız sonuçlar bildirmiştir. Bazı çalışmalar, APOE genotipi ile fiziksel aktivite (Rovio ve ark., 2005) alkol tüketimi (Anttila ve ark., 2004) ve diyet (Laitinen ve ark., 2006) gibi tek yaşam tarzı faktörleri veya yaşam tarzı faktörlerinin birleşik etkisi (Licher ve ark., 2019) arasında önemli etkileşimler bulmuş ve bu etkileşimlerin APOE ε4 taşıyıcılarında taşıyıcı olmayanlara göre daha güçlü etkilere sahip olduğu görülmüştür. Ancak, diğer çalışmalar böyle bir etkileşimi tespit edememiştir (Louridal ve ark., 2019). Bu çalışmaların tamamı, çoğunlukla 80 yaşın altındaki orta yaşlı yetişkinler veya yaşlı yetişkinler arasında gerçekleştirilmiştir (Igloi ve ark., 2024).

Günümüzde halk sağlığı toplumda çok önemli bir yer tutmaktadır. Sağlığın yerinde olabilmesi birden çok sosyal faktöre bağlı olsa da çoğu birey sadece sağlık durumlarını stabilize etmenin yanı sıra yaşam kalitesi ve sosyal kimliklerini de şekillendirme adına çaba sarf etmektedirler (Gönülateş, 2022a).

İnsan ömrü hızla artıyor olması ile 60 yaş ve üzeri insan sayısının 2050 yılına kadar 2 milyara ulaşması beklendiği bildirilmektedir. Yaşa bağlı fiziksel yetersizliklerin, 65 yaş üstü kişilerin %50'sini, bakım evlerinde yaşayanların %85'ini etkilediği bildirilmiştir (Gönülateş, 2022b).

Bu nedenlerle bir egzersiz programı hazırlarken, bazı bireylerin egzersizleri, sağlık amacı ile yada hastalık risklerinden kurtulmak ve uzak kalmak için

yapacakları, ve bazılarının da fiziksel güzellikleri için egzersiz yapacakları, göz önünde bulundurulmalıdır. Sağlık amacı için yapılan egzersizlerde şiddet ve kapsamı fiziksel dayanıklılığı ve güç için planlanan ve yapılan çalışmalara oranla daha azdır. Bu sebeple hazırlanacak program kişilerin amaçlarına uygun olmak durumundadır (Gönülateş ve Dündar, 2019).

Çeşitli çalışmalar, daha yüksek genel kondisyon seviyelerinin bilişsel eksiklikleri hafifletebileceğini veya özellikle APOEε4 allele taşıyıcıları için AH geliştirme riskini azaltabileceğini ileri sürmüşlerdir (Schuit ve ark., 2001; Rovio ve ark., 2005; Etnier ve ark., 2007; Prakash ve ark., 2015).

Beyin görüntüleme yöntemleri kullanılarak, fiziksel kondisyonun anlamsal hafıza üzerindeki olumlu etkilerinin artan glikoz alımıyla ilişkili olduğu ve APOEε4 durumuna bağlı olduğu bulunmuştur; Taşıyıcı olmayanlardan daha fazla ε4 taşıyıcısı bulunmaktadır (Smith ve ark., 2011; Deeny ve ark., 2012).

Çalışmaların çoğunun 55 yaş üstü gönüllüler üzerinde yürütüldüğünü (Schuit ve ark., 2001; Etnier ve ark., 2007; Smith ve ark., 2011; Deeny ve ark., 2012; Woodard ve ark., 2012) ve son verilerin, APOEε4 taşıyıcısı durumuyla ilgili bazı eksikliklerin 18-30 yaş arası genç katılımcılarda zaten tespit edilebildiğini gösterdiği unutulmamalıdır (Kunz ve ark., 2015; Bierbrauer ve ark., 2020).

Ek olarak, akut fiziksel egzersizden sonra egzersizle ilişkili faydalar bildirilmiştir ve sadece bir fiziksel egzersiz seansı gelişmiş bellek performansı ve medial temporal lob aktivitesi sağlamıştır (van Dongen ve ark., 2016; Suwabe ve ark., 2017; Loprinzi, 2019). Akut egzersiz ayrıca endokannabinoid nörotransmitter anandamid (AEA) dahil olmak üzere farklı biyobelirteçlerin salınımında bir artışa neden olur ve egzersizden sonra daha yüksek anandamid düzeyleri, ilişkisel bir bellek görevi sırasında artan hipokampal aktivasyon (Marin Bosch ve ark., 2021) ve daha iyi motor dizi belleği (Marin Bosch ve ark., 2020) ile ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Proteinler, normal vücut fonksiyonlarının sürdürülmesinde kritik bir rol oynayan hayati besinlerdir. Kas ve organların temel bileşenleridir ve doku ve hücre onarımı ile nörotransmitter sentezi için vazgeçilmezdirler (Wu, 2016; Zhang ve ark., 2023). Ayrıca, muhtemelen beyindeki oksidatif stresi ve iltihabı azaltarak nöroprotektif etkiler gösterebilirler; bunların her ikisi de AD veya ilgili bilişsel gerilemeye önemli ölçüde katkıda bulunur (Gomez-Pinilla, 2008; Zhang ve ark., 2023).

Hayvan çalışmalarında, düşük kalorili ve proteinli diyetler, daha uzun yaşam süreleri ve yaşlanmayla ilgili daha iyi sonuçlarla ilişkilendirilmiştir (Wu, 2016; Nakagawa ve ark., 2012); yüksek protein alımının ise kardiyovasküler hastalık riskinin artmasıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Lagiou ve ark., 2012).

Bununla birlikte, protein alımı ve bilişsel gerileme üzerine yapılan epidemiyolojik çalışmalar karışık sonuçlar vermiştir (Yeh ve ark., 2022; Zhang ve ark., 2021). Yapılan bir çalışma, yüksek toplam protein alımının bilişsel gerileme riskinin

artmasıyla ilişkili olabileceğini bildirirken (Gao ve ark., 2022), Hemşirelerin Sağlık Çalışması ve Sağlık Profesyonelleri Takip Çalışması gibi diğer çalışmalar ise bunun öznel bilişsel gerileme olasılığını azaltabileceğini göstermektedir (Yeh ve ark., 2022). Ancak, Sağlık Profesyonelleri Takip Çalışması nesnel bilişsel değerlendirmeler kullanmamış ve bu alandaki karmaşıklığı ve daha fazla çalışmaya olan ihtiyacı vurgulamıştır.

AD için en yüksek riskli gen olarak bilinen apolipoprotein ε4 (APOE4) (Yamazaki ve ark., 2019); bu geni taşıyan yaşlı yetişkinlerde amiloid-beta (Aβ) patolojisinin gelişimini destekler (Yamazaki ve ark., 2019; Morris ve ark., 2010).

Ayrıca, bilişsel bozukluklara ve bunama başlangıcına yol açan çeşitli beyin homeostaz yollarını da etkileyebilir (Yamazaki ve ark., 2019; Lowe ve ark., 2014; Yang ve ark., 2023). Diyet proteini alımı ile bilişsel işlev arasındaki karmaşık bağlantıyı daha kapsamlı bir şekilde incelemek için, dikkate değer bir kohort çalışması, genetik faktörlerin bu dinamiği nasıl etkileyebileceğini incelemiştir (Zhang ve ark., 2021).

Çalışma, toplam veya balık proteini alımı ile bilişsel işlev arasında anlamlı bir genel ilişki bulamamıştır. Ancak ilginç bir şekilde, AD riskini artırdığı bilinen bir genetik varyant olan APOE4 aleli ile anlamlı bir etkileşim ortaya koymuştur. Özellikle, yüksek toplam veya balık proteini alımına sahip APOE4 aleli olan katılımcılar, bu aleli olmayanlarda görülmeyen bir model olan bilişsel gerileme olasılığını önemli ölçüde daha düşük göstermiştir (Zhang ve ark., 2021).

Bu, genetik yatkınlıkların diyetin bilişsel işlev üzerindeki etkisini düzenleyebileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, çalışmanın telefon tabanlı bilişsel değerlendirmelere dayanması, görsel ipuçlarını gözlemlememe ve çevresel dikkat dağıtıcı unsurların test sonuçlarını etkileme potansiyeli gibi içsel sınırlamalar nedeniyle, yüz yüze değerlendirmelere kıyasla potansiyel olarak kesinlik eksikliği konusunda endişelere yol açmaktadır (Castanho ve ark., 2014).

Yaş ve cinsiyetin protein alımının bilişsel işlevler üzerindeki etkilerini azaltmamasının, APOE4 durumunun ise azaltılmasının nedenini düşünmek ilginçtir. APOE4, lipid metabolizmasını ve amiloid beta birikimini etkileyen, bilişsel gerilemeyi ve AD ilerlemesini doğrudan etkileyen köklü bir biyolojik mekanizmaya sahiptir (Liu ve ark., 2013; Lou ve ark., 2023; Verghese ve ark., 2011).

Protein alımı, bu yollarla genel yaşlanma veya cinsiyet farklılıklarından farklı şekilde etkileşime girebilir. Yaş ve cinsiyet, bilişsel performans üzerinde etkili olsa da, diyetle alınan protein alımıyla aynı doğrudan etkileşime girmeyebilir. Yaşlı yetişkinler, bilişsel işlev üzerindeki daha yüksek protein alımının faydalarını gölgede bırakabilecek çeşitli yaşa bağlı faktörlerle (örneğin genel sağlık, eşlik eden hastalıklar) karşı karşıyadır (Gale ve ark., 2015).

Benzer şekilde, bilişsel gerilemedeki cinsiyet farklılıkları hormonal, sosyal ve yaşam tarzı faktörlerini içerir ve bu da diyetle alınan proteinle etkileşimi daha az tutarlı hale getirir (Mielke ve ark., 2014). Bu, protein alımının bilişsel işlev üzerindeki düzenleyici etkisinin, daha geniş demografik faktörlerden ziyade APOE4 durumu gibi genetik faktörlerle daha spesifik olarak bağlantılı olduğunu göstermektedir. Bu hipotezi tam olarak anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu düşünülmektedir (Kerum ve ark., 2024).

AD sürecinin daha iyi yönetilebilmesi için, fermente gıdalardan oluşan diyet uygulamaları artış göstermektedir. Bununla birlikte yaşam kalitesi ve yaşam tarzındaki değişiklikler de süreci desteklemek adına başvurulacak yollardandır (Yusufov ve ark., 2017). Konforlu bir süreç için egzersiz ve diyet birlikteliğinin fayda sağlayabileceği düşünülmektedir.

Ketojenik diyet, vücudun glikozdan yoksun kalmasına neden olan ve enerji için alternatif kaynaklara (keton cisimleri) bağımlı hale getiren, düşük karbonhidrat-yüksek yağ içeren bir diyet tarzıdır. Ketojenik diyet ve keton cisimleri, diyabet ve nörodejeneratif hastalıklar da dahil olmak üzere birçok metabolik hastalığın ilerlemesini engellemeye yardımcıdır. Spesifik enerji metabolizmasını ve mitokondriyal homeostazın restorasyonunu etkileme yetenekleri nedeniyle son yıllarda büyük ilgi görmektedir (Sridharan ve Lee, 2022).

Ketojenik diyetin, Alzheimer hastaları üzerindeki etkisini araştıran bir çalışmada, Addenbrooke Kognitif Testi (ACE-R), Günlük Yaşam Aktiviteleri (ADCS-ADL) ölçeği, Alzheimer Hastalığında Yaşam Kalitesi Ölçeği (QOL-AD) kullanılmıştır. Bununla birlikte, vücut kütlesi, vücut kütle indeksi (BMI), HbA1c, trigliseritler, HDL, LDL, total kolesterol gibi kardiyovasküler risk faktörleri incelenmiştir. Çalışmaya, Yeni Zelanda'da yaşayan 50-90 yaş arası 26 Alzheimer hastası katılmıştır. Gruplar, ketojenik diyet (n:13) ve normal diyet (n:13) grubu olarak randomize ikiye ayrılmış ve 12 hafta boyunca çalışılmıştır. Normal diyet grubu; düzenli diyetle devam etmiş, az yağlı, sağlıklı beslenme önerileri ile isteklerine uygun beslenmişlerdir. Ketojenik diyet grubu; yumurta, et, kuruyemiş, doğal yağlar ve yeşil sebzelerden oluşan beslenme uygulaması yapılmıştır. Katılımcılar her gün üç öğün beslenmiştir. Ketojenik diyetin neden olabileceği dehidrasyon ve baş dönmesini engelleyebilmek için en az en az 5 bardak su ve yeterli tuz tüketimi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, ketojenik diyet grubunun, günlük yaşam aktiviteleri ve yaşam kalitesinde anlamlı iyileşme olmuştur. Ayrıca, vücut kütlesi, BMI, HbA1c düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı düşüşler belirlenmiştir (Phillips ve ark., 2021).

Taylor ve ark. (2019) yaptıkları araştırmada, hafif dereceli Alzheimer hastası olan, 71 yaşındaki 15 kadın üzerinde, 10 hafta boyunca düşük karbonhidrat/yüksek yağlı diyeti (70% yağ, 20% protein ve $\leq$ 10%

karbonhidrattan içerikli 1:1 ketojenik diyet (gr. cinsinden lipidin gr. Cinsinden lipid olmayana oranı)) yapmışlardır. Aynı zamanda katılımcılar, fiziksel egzersiz ve bilişsel eğitime tabi tutulmuşlardır. Çalışmayı 10 katılımcı başarıyla tamamlamıştır. Çalışma sonucunda, Montreal Bilişsel Değerlendirme (MoCA) testi anlamlı olarak artmış, İnsülin Direncinin Homeostatik Modeli Değerlendirmesi (HOMA-IR), trigliserid ve HbA1c düzeyleri ise anlamlı derecede azalmıştır (Taylor ve ark., 2019).

Buna karşılık, insanlarda, özellikle de yaşlı popülasyonlarda yapılan çalışmalar, yetersiz protein alımının sarkopeni ve kırılabilirlik riskini artırabileceğini göstermektedir (Morais ve ark., 2006). Bu durumlar bilişsel bozukluklarla yakından ilişkilidir (Robertson ve ark., 2013). Bu nedenle, hayvan modellerine göre protein alımını azaltmak uzun ömürlülüğe fayda sağlayabilirken, yeterli protein tüketiminin sağlanması yaşlı yetişkinlerde kas kütlesini ve bilişsel işlevi korumak için hayati önem taşıyabilir (Kerum ve ark., 2024).

Kaynakça

- Anttila, T., Helkala, E.L., Viitanen, M., Kareholt, I., et al. (2004). Alcohol drinking in middle age and subsequent risk of mild cognitive impairment and dementia in old age: a prospective population based study. *BMJ*. 329(7465):539.
- Atagi, Y., Liu, C.C., Painter, M.M., Chen, X.F., et al. (2015). Apolipoprotein E is a ligand for triggering receptor expressed on myeloid cells 2 (TREM2). *J Biol Chem* 290:26043–26050.
- Bailey, C.C., DeVaux, L.B., Farzan, M. (2015). The Triggering Receptor Expressed on Myeloid Cells 2 Binds Apolipoprotein E. *J Biol Chem* 290: 26033–26042.
- Baumgart, M., Snyder, H.M., Carrillo, M.C., Fazio, S., Kim, H., Johns, H. (2015). Summary of the evidence on modifiable risk factors for cognitive decline and dementia: A population-based perspective. *Alzheimers Dement*. 11(6):718–26.
- Bierbrauer, A., Kunz, L., Gomes, C.A., Luhmann, M., et al. (2020). Unmasking selective path integration deficits in Alzheimer’s disease risk carriers. *Sci Adv*. 6(35):eaba1394.
- Boyles, J.K., Pitas, R.E., Wilson, E., Mahley, R.W., Taylor, J.M. (1985). Apolipoprotein E associated with astrocytic glia of the central nervous system and with nonmyelinating glia of the peripheral nervous system. *J Clin Invest* 76:1501–1513.
- Calandra, S., Tarugi, P., Speedy, H.E., Dean, A.F., Bertolini, S., Shoulders, C.C. (2011). Mechanisms and genetic determinants regulating sterol absorption, circulating LDL levels, and sterol elimination: implications for classification and disease risk. *J Lipid Res* 52:1885–1926.
- Castanho, T.C., Amorim, L., Zihl, J., Palha, J.A., Sousa, N., Santos, N.C. (2014). Telephonebased screening tools for mild cognitive impairment and dementia in aging studies: a review of validated instruments. *Front Aging Neurosci*. 6:16.
- Castellano, J.M., Kim, J., Stewart, F.R., Jiang, H., et al. (2011). Human apoE isoforms differentially regulate brain amyloid-beta peptide clearance. *Sci Transl Med*. 3(89):89ra57.
- Chen, J., Li, Q. Wang, J. (2011). Topology of human apolipoprotein E3 uniquely regulates its diverse biological functions. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 108: 14813-14818.
- Colonna, M., Wang, Y. (2016). TREM2 variants: new keys to decipher Alzheimer disease pathogenesis. *Nat Rev Neurosci* 17:201–207.

- Davies, G., Harris, S.E., Reynolds, C.A., Payton, A., et al. (2014). A genome-wide association study implicates the APOE locus in nonpathological cognitive ageing. *Mol Psychiatry*. 19(1):76– 87.
- Davies, G., Lam, M., Harris, S.E., Trampush, J.W., et al. (2018). Study of 300,486 individuals identifies 148 independent genetic loci influencing general cognitive function. *Nat Commun*. 9 (1):2098.
- de Knijff, P., van den Maagdenberg, A.M., Frants, R.R., Havekes, L.M. (1994). Genetic heterogeneity of apolipoprotein E and its influence on plasma lipid and lipoprotein levels. *Hum Mut* 4:178 –194.
- Deane, R., Sagare, A., Hamm, K., Parisi, M., et al. (2008). apoE isoform-specific disruption of amyloid beta peptide clearance from mouse brain. *J Clin Invest* 118:4002– 4013.
- Deeny, S.P., Winchester, J., Nichol, K., Roth, S.M., Wu, J.C., Dick, M., Cotman, C.W. (2012). Cardiovascular fitness is associated with altered cortical glucose metabolism during working memory in varepsilon 4 carriers. *Alzheimers Dement*. 8(4):352–356.
- Dolai, S., Cherakara, S., Garai, K. (2020). Apolipoprotein E4 exhibits intermediates with domain interaction. *Biochim Biophys Acta Proteins Proteom*, 1868: 140535.
- Etnier, J.L., Caselli, R.J., Reiman, E.M., Alexander, G.E., Sibley, B.A., Tessier, D., McLemore, E.C. (2007). Cognitive performance in older women relative to ApoE-epsilon 4 genotype and aerobic fitness. *Med Sci Sports Exerc*. 39(1):199–207.
- Gale, C.R., Cooper, C., Sayer, A.A. (2015). Prevalence of frailty and disability: findings from the English Longitudinal Study of Ageing. *Age Ageing*. 44(1):162–5.
- Gao, R., Yang, Z., Yan, W., Du, W., Zhou, Y., Zhu, F. (2022). Protein intake from different sources and cognitive decline over 9 years in community-dwelling older adults. *Front Public Health*. 10:1016016.
- Ghiselli, G., Schaefer, E.J., Gascon, P., Breser, H.B. Jr. (1981). Type III hyperlipoproteinemia associated with apolipoprotein E deficiency. *Science* 214: 1239–1241.
- Goldstein, J.L., Brown, M.S. (2015). A century of cholesterol and coronaries: from plaques to genes to statins. *Cell* 161:161–172.
- Gomez-Pinilla, F. (2008). Brain foods: the effects of nutrients on brain function. *Nat Rev Neurosci*. 9(7):568–78.
- Gotthardt, M., Trommsdorff, M., Nevitt, M.F., Shelton, J., et al. (2000). Interactions of the low density lipoprotein receptor gene family with cytosolic adaptor and scaffold proteins suggest diverse biological functions

- in cellular communication and signal transduction. *J Biol Chem* 275:25616–25624.
- Gönülateş, S. (2022a). Fiziksel Sağlık ve Egzersiz, Spor Bilimleri Alanında Yeni Trendler, İzmir, Duvar Yayınları.
- Gönülateş, S. (2022b). Fiziksel Uygunlukla Tabata Protokolü İlişkilendirilmesi, Spor Bilimleri Alanında Yeni Trendler, İzmir, Duvar Yayınları.
- Gönülateş, S., DüNDAR, K. (2019). Egzersiz ve Planlanması, Herkes İçin Spor ve Wellness Araştırmaları-2, Ankara, Akademisyen Kitabevi.
- Guerreiro, R., Wojtas, A., Bras, J., Carrasquillo, M., et al. (2013). TREM2 variants in Alzheimer's disease. *N Engl J Med* 368:117–127.
- Heinsinger, N.M., Gachechiladze, M.A., Rebeck, G.W. (2016). Apolipoprotein E genotype affects size of ApoE complexes in cerebrospinal fluid. *J Neuropathol Exp Neurol* 75:918–924.
- Hu, J., Liu, C.C., Chen, X.F., Zhang, Y.W., Xu, H., Bu, G. (2015). Opposing effects of viral mediated brain expression of apolipoprotein E2 (apoE2) and apoE4 on apoE lipidation and abeta metabolism in apoE4-targeted replacement mice. *Mol Neurodegener* 10:6.
- Huang, Y.A., Zhou, B., Wernig, M., Südhof, T.C. (2017). ApoE2, ApoE3, and ApoE4 Differentially Stimulate APP Transcription and Abeta Secretion. *Cell* 168:427–441.e21.
- Igloi, K., MarinBosch, B., Kuenzi, N., Thomas, A., Lauer, E., Bringard, A., Schwartz, S. (2024). Interactions between physical exercise, associative memory, and genetic risk for Alzheimer's disease. *Cerebral Cortex*, 34, bhac205.
- Jendresen, C., Årskog, V., Daws, M.R., Nilsson, L.N. (2017). The Alzheimer's disease risk factors apolipoprotein E and TREM2 are linked in a receptor signaling pathway. *J Neuroinflammation* 14:59.
- Jin, X., He, W., Zhang, Y., Gong, E., et al. (2021) Association of APOE ε4 genotype and lifestyle with cognitive function among Chinese adults aged 80 years and older: A cross-sectional study. *PLoS Med* 18(6): e1003597
- Jonsson, T., Stefansson, H., Steinberg, S., Jonsdottir, I., et al. (2013) Variant of TREM2 associated with the risk of Alzheimer's disease. *N Engl J Med* 368:107–116.
- Keum, M., Lee, B.C., Choe, Y.M., Suh, G-H. (2024). Protein intake and episodic memory: the moderating role of the apolipoprotein E ε4 status. *Alzheimer's Research & Therapy*, 16:181
- Kivipelto, M., Mangialasche, F., Ngandu, T. (2018). Lifestyle interventions to prevent cognitive impairment, dementia and Alzheimer disease. *Nat Rev Neurol*. 14(11):653–66.

- Krasemann, S., Madore, C., Cialic, R., Baufeldt, C., et al. (2017) The TREM2-APOE pathway drives the transcriptional phenotype of dysfunctional microglia in neurodegenerative diseases. *Immunity* 47:566–581.e569.
- Kunz, L., Schroder, T.N., Lee, H., Montag, C., et al. (2015). Reduced grid-cell-like representations in adults at genetic risk for Alzheimer's disease. *Science*.350(6259):430–433.
- Lagiou, P., Sandin, S., Lof, M., Trichopoulos, D., Adami, H.O., Weiderpass, E. (2012). Low carbohydrate-high protein diet and incidence of cardiovascular diseases in Swedish women: prospective cohort study. *BMJ*. 344:e4026.
- Laitinen, M.H., Ngandu, T., Rovio, S., Helkala, E.L., et al. (2006). Fat intake at midlife and risk of dementia and Alzheimer's disease: a population-based study. *Dement Geriatr Cogn Disord*. 22 (1):99–107.
- Lane-Donovan, C., Herz, J. (2017). ApoE, ApoE receptors, and the synapse in Alzheimer's disease. *Trends Endocrinol Metab* 28:273–284.
- Lee, Y., Kim, J., Back, J.H. (2009). The influence of multiple lifestyle behaviors on cognitive function in older persons living in the community. *Prev Med*. 48(1):86–90.
- Licher, S., Ahmad, S., Karamujic-Comic, H., Voortman, T., et al. (2019). Genetic predisposition, modifiable-risk-factor profile and long-term dementia risk in the general population. *Nat Med*. 25(9):1364–9.
- Liu, C.C., Liu, C.C., Kanekiyo, T., Xu, H., Bu, G. (2013). Apolipoprotein E and Alzheimer disease: risk, mechanisms and therapy. *Nat Rev Neurol*. 9(2):106–18.
- Lohse, P., Brewer, H.B. 3rd., Meng, M.S., Skarlatos, S.I., LaRosa, J.C., Brewer, H.B. Jr. (1992). Familial apolipoprotein E deficiency and type III hyperlipoproteinemia due to a premature stop codon in the apolipoprotein E gene. *Lipid Res* 33:1583–1590.
- Loprinzi, P.D. (2017). An integrated model of acute exercise on memory function. *Med Hypotheses*. 126(5):51–59.
- Lou, T., Tao, B., Chen, M. (2023). Relationship of apolipoprotein E with Alzheimer's Disease and Other Neurological disorders: an updated review. *Neuroscience*. 514:123–40.
- Lourida, I., Hannon, E., Littlejohns, T.J., Langa, K.M., et al. (2019). Association of Lifestyle and Genetic Risk With Incidence of Dementia. *JAMA*.
- Lowe, V.J., Weigand, S.D., Senjem, M.L., Vemuri, P., et al. (2014). Association of hypometabolism and amyloid levels in aging, normal subjects. *Neurology*. 82(22):1959–67.

- Mahley, R.W. (2017). Apolipoprotein E: Remarkable Protein Sheds Light on Cardiovascular and Neurological Diseases. *Clin Chem*, 63: 14-20.
- Mahley, R.W., Rall, S.C.Jr. (2000). Apolipoprotein E: far more than a lipid transport protein. *Annu Rev Genomics Hum Genet*, 1: 507-537.
- Mahley, R.W., Weisgraber, K.H., Huang, Y. (2009). Apolipoprotein E: structure determines function, from atherosclerosis to Alzheimer's disease to AIDS. *J Lipid Res*, 50 Suppl: S183-188.
- Mak, A.C., Pullinger, C.R., Tang, L.F., Wong, J.S., et al. (2014). Effects of the absence of apolipoprotein e on lipoproteins, neurocognitive function, and retinal function. *JAMA Neurol* 71: 1228–1236.
- Mamotte, C.D., Sturm, M., Foo, J.I., van Bockxmeer, F.M., Taylor, R.R. (1999). Comparison of the LDL-receptor binding of VLDL and LDL from apoE4 and apoE3 homozygotes. *Am J Physiol* 276:E553–E557.
- Marais, A.D. (2019). Apolipoprotein E in lipoprotein metabolism, health and cardiovascular disease. *Pathology*, 51: 165-176.
- Marin Bosch, B., Bringard, A., Logrieco, M.G., Lauer, E., et al. (2020). Effect of acute physical exercise on motor sequence memory. *Sci Rep*. 10(1):15322.
- Marin Bosch, B., Bringard, A., Logrieco, M.G., Lauer, E., et al. (2021). A single session of moderate intensity exercise influences memory, endocannabinoids and brain derived neurotrophic factor levels in men. *Sci Rep*.11(1):14371.
- Martinez-Martinez, A.B., Torres-Perez, E., Devanney, N., Del Moral, R., Johnson, L.A., Arbones-Mainar, J.M. (2020). Beyond the CNS: The many peripheral roles of APOE. *Neurobiol Dis*, 138: 104809.
- Martins, R.N., Taddei, K., Kendall, C., Evin, G., Bates, K.A., Harvey, A.R. (2001). Altered expression of apolipoprotein E, amyloid precursor protein and presenilin-1 is associated with chronic reactive gliosis in rat cortical tissue. *Neuroscience* 106:557–569.
- Matsunaga, A., Saito, T. (2025). Impact of Apolipoprotein E Variants: A Review of Naturally Occurring Variants and Clinical Features. *J Atheroscler Thromb*, 32: 281-303.
- Mielke, M.M., Vemuri, P., Rocca, W.A. (2014). Clinical epidemiology of Alzheimer's disease: assessing sex and gender differences. *Clin Epidemiol*.6:37–48.
- Morais, J.A., Chevalier, S., Gougeon, R. (2006). Protein turnover and requirements in the healthy and frail elderly. *J Nutr Health Aging*. 10(4):272–83.

- Morris, J.C., Roe, C.M., Xiong, C., Fagan, A.M., Goate, A.M., Holtzman, D.M., Mintun, M.A. (2010). APOE predicts amyloid-beta but not tau Alzheimer pathology in cognitively normal aging. *Ann Neurol*. 67(1):122–31.
- Nakagawa, S., Lagisz, M., Hector, K.L., Spencer, H.G. (2012). Comparative and metaanalytic insights into life extension via dietary restriction. *Aging Cell*. 11(3):401–9.
- Nathan, B.P., Nisar, R., Randall, S., Short, J., Sherrow, M., Wong, G.K., Struble, R.G. (2001). Apolipoprotein E is upregulated in olfactory bulb glia following peripheral receptor lesion in mice. *Exp Neurol* 172:128 –136.
- Ohkubo, N., Mitsuda, N., Tamatani, M., Yamaguchi, A., et al. (2001) Apolipoprotein E4 stimulates cAMP response element-binding protein transcriptional activity through the extracellular signal-regulated kinase pathway. *J Biol Chem* 276:3046 –3053.
- Peters, R., Booth, A., Rockwood, K., Peters, J., D’Este, C., Anstey, K.J. (2019). Combining modifiable risk factors and risk of dementia: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 9(1):e022846.
- Phillips, MCL., Deprez, LM., Mortimer, GMN., et al. (2021). Randomized crossover trial of a modified ketogenic diet in alzheimer’s disease. *Alzheimer’s Research & Therapy* 13(1):51.
- Plump, A.S., Smith, J.D., Hayek, T., Aalto-Setälä, K., et al. (1992). Severe hypercholesterolemia and atherosclerosis in apolipoprotein E-deficient mice created by homologous recombination in ES cells. *Cell*, 71: 343-353.
- Poirier, J., Hess, M., May, P.C., Finch, C.E. (1991). Astrocytic apolipoprotein E mRNA and GFAP mRNA in hippocampus after entorhinal cortex lesioning. *Brain Res Mol Brain Res* 11:97–106.
- Qiu, Z., Hyman, B.T., Rebeck, G.W. (2004). Apolipoprotein E receptors mediate neurite outgrowth through activation of p44/42 mitogen-activated protein kinase in primary neurons. *J Biol Chem* 279:34948 –34956.
- Rebeck, G.W., Kindy, M., LaDu, M.J. (2002). Apolipoprotein E and Alzheimer’s disease: the protective effects of ApoE2 and E3. *J Alzheimers Dis* 4:145–154.
- Robert, J., Button, E.B., Yuen, B., Gilmour, M., et al. (2017). Clearance of beta-amyloid is facilitated by apolipoprotein E and circulating high-density lipoproteins in bioengineered human vessels. *eLife* 6.
- Robertson, D.A., Savva, G.M., Kenny, R.A. (2013). Frailty and cognitive impairment a review of the evidence and causal mechanisms. *Ageing Res Rev*. 12(4):840–51.

- Rovio, S., Kareholt, I., Helkala, E.L., Viitanen, M., et al. (2005). Leisure-time physical activity at midlife and the risk of dementia and Alzheimer's disease. *Lancet Neurol.* 4(11):705–11.
- Saura, J., Petegnief, V., Wu, X., Liang, Y., Paul, S.M. (2003). Microglial apolipoprotein E and astroglial apolipoprotein J expression in vitro: opposite effects of lipopolysaccharide. *J Neurochem* 85:1455–1467.
- Schmidt, V., Carlo, A.S., Willnow, T.E. (2014). Apolipoprotein E receptor pathways in Alzheimer disease. *Wiley Interdiscip Rev Syst Biol Med* 6:255–270.
- Schuit, A.J., Feskens, E.J., Launer, L.J., Kromhout, D. (2001). Physical activity and cognitive decline, the role of the apolipoprotein e4 allele. *Med Sci Sports Exerc.* 33(5):772–777.
- Smelt, A.H., de Beer, F. (2004). Apolipoprotein E and familial dysbetalipoproteinemia: clinical, biochemical, and genetic aspects. *Semin Vasc Med* 4:249–257.
- Smith, J.C., Nielson, K.A., Woodard, J.L., Seidenberg, M., et al. (2011). Inter active effects of physical activity and APOE-epsilon4 on BOLD semantic memory activation in healthy elders. *NeuroImage.* 54(1):635–644.
- Smith, P.J., Blumenthal, J.A. (2016). Dietary Factors and Cognitive Decline. *J Prev Alzheimers Dis.* 3(1):53–64.
- Sridharan, B., Lee, M.J. (2022). Ketogenic diet: a promising neuroprotective composition for managing alzheimer's diseases and its pathological mechanisms, *Current Molecular Medicine* 22(7):640-656.
- Strittmatter, W.J., Saunders, A.M., Schmechel, D., Pericak-Vance, M., Enghild, J., Salvesen, G.S., Roses, A.D. (1993). Apolipoprotein E: high-avidity binding to beta-amyloid and increased frequency of type 4 allele in late-onset familial Alzheimer disease. *Proc Natl Acad Sci U S A* 90:1977–1981.
- Suwabe, K., Hyodo, K., Byun, K., Ochi, G., Yassa, M.A., Soya, H. (2017). Acute moderate exercise improves mnemonic discrimination in young adults. *Hippocampus.* 27(3):229–234.
- Südhof, T.C., Goldstein, J.L., Brown, M.S., Russell, D.W. (1985). The LDL receptor gene: a mosaic of exons shared with different proteins. *Science* 228:815–822.
- Taylor, M.K., Swerdlow, R.H., Burns, J.M., et al. (2019). An experimental ketogenic diet for alzheimer disease was nutritionally dense and rich in vegetables and avocado. *Curr Dev Nutr* 3(4):003.
- Ulrich, J.D., Ulland, T.K., Mahan, T.E., Nyström, S., et al. (2018). ApoE facilitates the microglial response to amyloid plaque pathology. *J Exp Med* 215:1047–1058.

- Utermann, G. (1985). Morgagni lecture: genetic polymorphism of apolipoprotein E: Impact on plasma lipoprotein metabolism. In: Diabetes, obesity and hyperlipidemias (Crepaldi G, Tiengo A, Baggio G, eds.), pp 1–28. Amsterdam: Elsevier.
- Van Dongen, E.V., Kersten, I.H., Wagner, I.C., Morris, R.G., Fernandez, G. (2016). Physical exercise performed four hours after learning improves memory retention and increases hippocampal pattern similarity during retrieval. *Curr Biol.* 26(13):1722–1727.
- Verghese, P.B., Castellano, J.M., Garai, K., Wang, Y., et al. (2013). ApoE influences amyloid-beta (A β) clearance despite minimal apoE/A β association in physiological conditions. *Proc Natl Acad Sci U S A* 110:E1807–E1816.
- Verghese, P.B., Castellano, J.M., Holtzman, D.M. (2011). Apolipoprotein E in Alzheimer's disease and other neurological disorders. *Lancet Neurol.* 10(3):241–52.
- Weisgraber, K.H. (1994). Apolipoprotein E: structure-function relationships. *Adv Protein Chem* 45:249–302.
- Weisgraber, K.H., Innerarity, T.L., Mahley, R.W. (1982). Abnormal lipoprotein receptor-binding activity of the human E apoprotein due to cysteine/arginine interchange at a single site. *J Biol Chem* 257:2518–2521.
- Weisgraber, K.H., Rall, S.C.Jr., Mahley, R.W., Milne, R.W., Marcel, Y.L., Sparrow, J.T. (1986). Human apolipoprotein E. Determination of the heparin binding sites of apolipoprotein E3. *J Biol Chem*, 261: 2068–2076.
- Wilson, C., Wardell, M.R., Weisgraber, K.H., Mahley, R.W., Agard, D.A. (1991). Three-dimensional structure of the LDL receptor-binding domain of human apolipoprotein E. *Science*, 252: 1817–1822.
- Woodard, J.L., Sugarman, M.A., Nielson, K.A., Smith, J.C., et al. (2012). Lifestyle and genetic contributions to cognitive decline and hippocampal structure and function in healthy aging. *Curr Alzheimer Res.* 9(4):436–446.
- Wu, G. (2016). Dietary protein intake and human health. *Food Funct.* 7(3):1251–65.
- Yamazaki, Y., Zhao, N., Caulfield, T.R., Liu, C.C., Bu, G. (2019). Apolipoprotein E and Alzheimer disease: pathobiology and targeting strategies. *Nat Reviews Neurol.* 15(9):501–18.
- Yang, L.G., March, Z.M., Stephenson, R.A., Narayan, P.S. (2023). Apolipoprotein E in lipid metabolism and neurodegenerative disease. *Trends Endocrinol Metab.* 34(8):430–45.

- Yeh, F.L., Wang, Y., Tom, I., Gonzalez, L.C., Sheng, M. (2016). TREM2 binds to apolipoproteins, including APOE and CLU/APOJ, and thereby facilitates uptake of amyloid-beta by microglia. *Neuron* 91:328–340.
- Yeh, T.S., Yuan, C., Ascherio, A., Rosner, B.A., Blacker, D., Willett, W.C.(2022). Long-term dietary protein intake and subjective cognitive decline in US men and women. *Am J Clin Nutr.* 115(1):199–210.
- Yusufov, M., Weyandt, LL., Piryatinsky, I. (2017). Alzheimer’s disease and diet: a systematic review. *International Journal of Neuroscience* 127(2):161-175.
- Zannis, V.I., Breslow, J.L., Utermann, G., Mahley, R.W., et al. (1982). Proposed nomenclature of apoE isoproteins, apoE genotypes, and phenotypes. *J Lipid Res*, 23: 911-914.
- Zhang, S.H., Reddick, R.L., Piedrahita, J.A., Maeda, N. (1992). Spontaneous hypercholesterolemia and arterial lesions in mice lacking apolipoprotein E. *Science*, 258: 468- 471.
- Zhang, W., Xiao, D., Mao, Q., Xia, H. (2023). Role of neuroinflammation in neurodegeneration development. *Signal Transduct Target Ther.* 8(1):267.
- Zhang, Y., Jin, X., Lutz, M.W., Ju, S.Y., Liu, K., Guo, G., Zeng, Y., Yao, Y. (2021). Interaction between APOE epsilon4 and dietary protein intake on cognitive decline: a longitudinal cohort study. *Clin Nutr.* 40(5):2716–25.

7. Bölüm

Sporcularda Beslenme Periyotlaması

Sibel TETİK DÜNDAR¹

Giriş

Antrenman uygulamalarına adaptasyon birden fazla antrenman ölçütünün bileşimiyle belirlenir, Süre, şiddet, sayı, sıklık gibi ölçütler yapılan beslenme planlamaları ile bütünleştğinde olumlu cevap verebilir.

Örneğin, antrenman sonrası protein beslenmesinin olmadığı durumlarda net protein sentezinin düşük olduğu ve kasın aslında negatif protein dengesinde olabileceği iyi bilinmektedir. Ayrıca karbonhidrat bulunabilirliğini düşürmenin kasta belirli adaptasyonları teşvik edebileceğine dair kanıtlar da vardır. Buna karşılık, yüksek doz antioksidan takviyesi antrenman adaptasyonlarını azaltma potansiyeline sahiptir (Paulsen ve ark., 2014; Morrison ve ark., 2015).

Araştırmalar çoğunlukla iskelet kasındaki adaptasyonlara odaklanmıştır. Kritik olarak, besin alımından etkilenen ve spor performansı için önemli olan diğer organlarda birçok adaptasyon vardır. Bu tür değişiklikler ve sporcular için önemi genellikle göz ardı edilir veya önemli ölçüde daha az ilgi görür. Örnek olarak, damar sistemi, beyin ve bağırsak dahildir, ancak bunlarla sınırlı değildir. Örneğin, karbonhidrat beslenmesine yanıt olarak bağırsaktaki karbonhidrat taşıyıcılarının yukarı düzenlenmesine dair kanıtlar vardır ve diyetteki değişikliklere yanıt olarak bağırsak mikro florasında değişiklikler vardır. Bu tür değişiklikler besin maddelerinin iletilmesini değiştirebilir ve potansiyel olarak performansı etkileyebilir (Jeukendrup, 2017).

Bu nedenle beslenme ve egzersiz arasında çok sayıda etkileşim ve nihayetinde uzun vadeli antrenman performansı sonuçlarını belirleyen beslenmenin kendi başına çok sayıda etkisi vardır. Pratik bir bakış açısından, kişinin ilgilenebileceği belirli uyarlamaları optimize etmek için bu etkileşimleri anlamak önemlidir. Bunun yönlerini tartışan çok sayıda inceleme vardır.

Örneğin, birkaç inceleme düşük karbonhidrat bulunabilirliği ile antrenmanın potansiyel faydalarını tartışmıştır (Hawley ve Burke, 2010; Bartlett ve ark., 2015), bazıları yüksek karbonhidrat bulunabilirliğini veya her ikisini tartışmıştır (Burke; 2010; Impey ve ark., 2016), diğerleri antioksidanların mitokondriyal biyogenez

¹ Doç. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, 0000-0001-6813-0969

üzerindeki potansiyel etkisini tartışmıştır (Gomez-Cabrera ve ark., 2015), veya antrenman adaptasyonunun diğer modölatörlerini tartışmıştır (Close ve ark., 2015).

Bu çalışmanın temel amacı: Periyodik beslenme kavramını açık bir şekilde tanımlamak ve 'Beslenme Periyotlaması' genel terimi altında değerlendirilebilecek yöntemlere dair bütünsel bir genel bakış sunmaktır.

Tarihsel Bakış Açısı

Diyet ve antrenman uygulamaları arasındaki bağlantılar uzun zamandır bilinmektedir. 1800'lerin sonlarında, antrenman terimi yalnızca antrenmanı değil, diyeti ve antrenmanı da içeren bir rejimi tanımlamak için kullanılmıştır. Antrenman, genellikle "bir spor etkinliğine hazırlık olarak bir egzersiz ve diyet kursuna girişme eylemi" olarak tanımlanmıştır ve hala tanımlanmaktadır. Tarihte bir noktada, beslenme sporcuların hazırlığının o kadar önemli bir parçasıydı ki, antrenmanın tanımı gerçek fiziksel hazırlığın kendisinden daha çok diyetle ilgiliydi. Aşağıda Montague Shearman'ın yayınladığı bir antrenman kitabından bazı alıntılar bulunmaktadır.

"Erken dönem sporcuları için, antrenmanın temel parçası ve başlıca özelliği uygun hazırlık antrenmanı yapmak değil, ani ve şiddetli bir diyet değişikliğiydi". "Antrenmana başlamak, yarı pişmiş biftek ve kuru ekmekten oluşan özel bir diyetle başlamak ve günlük içeceği en aza indirmek anlamına geliyordu ve bir yarış için gereken kasların uygun şekilde eğitilmesi veya geliştirilmesi anlamına gelmiyordu." Bu uygulamaların kendileri zaman testinden geçmemiş ve bilimsel kanıtlarla desteklenmemiş olsa da, o erken günlerde bile diyet ve egzersiz performansı arasında net bir bağlantı olduğu varsayılmıştı (Shearman, 1887).

Bu etkiler kısa vadeli performans yararlarını hedeflese de, daha yakın zamanda çalışmalar daha uzun vadeli etkilere odaklandı. Beslenme ve antrenmanın dikkatli bir şekilde planlanması ve entegre edilmesiyle uzun vadeli eğitim adaptasyonlarının iyileştirilebileceği öne sürüldü. 'Beslenme Periyotlaması' ve 'Beslenme Eğitimi' terimleri bazen bu tür stratejilere atıfta bulunmak için kullanılır.

Beslenme Periyotlaması Nedir?

'Beslenme Periyotlaması' ve 'Beslenme Eğitimi' terimlerini tanımlamak önemlidir. 'Eğitim' ve 'periyotlama' kelimeleri tanımları gereği yapılandırılmış ve planlanmış bir süreci ifade eder. Gerçekte, beslenme söz konusu olduğunda genellikle çok az planlama yapılır ve eğitim ile beslenme uygulamalarının sınırlı entegrasyonu olur. Sporcuların antrenmandan sonra ne tükettiği antrenman yüklerine bağlı olabilir, ancak uzun vadeli hedefler göz önünde bulundurularak antrenmandan önce dikkatli planlama yapmak hala nispeten nadirdir. Bu gelişmekte olan araştırma alanı henüz emekleme aşamasında olduğundan net yönergeler hala eksiktir.

Sporcular için çoğu beslenme önerisi, antrenmanın belirli hedefini kabul etmeden ve genellikle antrenmanın şiddetini ve türünü veya daha uzun vadeli hedefleri hesaba katmadan antrenmandan sonra akut iyileşmeyi teşvik etmeyi amaçlar.

Literatürde, 'Beslenme Periyotlaması' terimi bazen kullanılır, ancak net bir tanım ve ortak bir yorumlama eksiktir. Antrenman uygulaması bağlamında periyodizasyon terimi, yıl boyunca sistematik olarak değişen atletik performansı iyileştirmek için tasarlanmış uzun vadeli antrenmanları hedefleyen bir yaklaşımı ifade eder. Beslenme periyodizasyonu terimi genellikle belirli antrenman periyotlarına yanıt olarak besin alımındaki değişiklikleri tanımlamak için kullanılır (Stellingwerff ve ark., 2007; Mujika ve ark., 2014).

Örneğin, belirli antrenman periyotlarında ağırlık yönetimine ve daha düşük enerji alımına odaklanılırken, diğer dönemlerde iyileşme ve performansa ve daha yüksek karbonhidrat alımına odaklanılabilir. Mujika ve ark., (2014) yaptıkları araştırma sonucunda; 'Beslenme, bir sezon ve/veya antrenman döngüsü boyunca değişen bireysel hedefleri, antrenman seviyelerini ve gereksinimleri desteklemek için periyodize edilmeli ve uyarlanmalıdır' demişlerdir. Hawley ve Burke (2010), performansı artırmanın bir yolu olarak uzun vadeli periyodik bir antrenman-beslenme programının önemini tartışmışlar; yarışma sporcularının, uzun vadeli periyodik bir antrenman-beslenme planının bir parçası olan seçilmiş antrenman seanslarından önce, esnasında veya sonrasında karbonhidrat bulunabilirliğini manipüle etmek isteyebileceklerini öne sürmek ihtiyatlı görünüyor" demişlerdir. Bu açıklamada, karbonhidrat bulunabilirliğinin antrenman üzerindeki etkilerinin bir itici gücü olarak güçlü bir şekilde vurgulanıyor ve antrenman etkileri çoğunlukla kas ve metabolik niteliktedirler.

Amerikan fitness endüstrisinin vaftiz babası Jack Lalanne sık sık "Egzersiz kraldır, beslenme kraliçedir; onları bir araya getirin ve bir krallığınız olsun!" demiştir (Stellingwerff ve ark., 2018). Elbette, beslenme stratejileri akut antrenman uyarılarını optimum antrenman adaptasyonuna dönüştürmede destekleyici bir rol oynar. Örneğin, protein (PRO) alımını, PRO kalitesini ve zamanlamasını optimize etmek, direnç egzersizinin güçlü uyararı olmadan yalnızca küçük bir adaptif hipertrofik tepki elde eder. Ancak, elit sporcuların yılda 1400-1800 yemek yeme fırsatı bulurken, 300-800 kez antrenman yapması göz önüne alındığında, beslenme önemli bir işlev görür (Stellingwerff ve ark., 2018). Buna göre, şekil 1, uygulayıcıların çok sayıda beslenme müdahalesine uygulayabileceği beslenme periyodizasyonunun önceliklendirilmesi ve optimizasyonu için temel olan teorik bir çerçeveyi vurgular. İlk olarak, antrenör ve tüm destek personeli, başarı için etkinliğe özgü fizyolojik, nöromüsküler, yapısal ve psikolojik belirleyiciler hakkında tam ve kapsamlı bir anlayışa sahip olmalıdır.

Tablo 1. Karbonhidrat (CHO), protein (PRO), demir ve kreatin için aylar, haftalar ve günler/gün içinde beslenme periyodizasyonu müdahalelerine dair örnekleri içeren başarılı beslenme periyodizasyonu için gerekli metodolojik çerçeve (Stellingwerff ve ark., 2018).

	AYLIK	HAFTALIK	GÜNLÜK
CHO	Birkaç aylık eğitim aşamasına uyacak şekilde günlük CHO ayarlaması (Genel hazırlık/yüksek hacim dahil; yarışma/düşük hacim dahil)	Yarış yoğunluğu dayanıklılık seansları sırasında CHO bazlı yakıt alımına odaklanarak yarış günü yakıt alımı için birkaç hafta boyunca sindirim sistemini hazırlayın	CHO mevcudiyetinin iyileşmeyi artırmak (artırmak) veya aerobik adaptasyonları başlatmak (azaltmak) için akut manipülasyonu.
PRO	Günlük protein alımının belirli bir fazın antrenman ihtiyaçlarına göre ayarlanması (örn. sert ve toparlanma bloklarında yaklaşık 1,5 g/kg/gün ile yaklaşık 0,8 g/kg/gün)	İskelet kas kütlesi kayıplarını en aza indirmek için vücut kompozisyonu optimizasyon aşaması boyunca günlük protein alımının (yaklaşık 2 g/kg/gün) artırılması.	Akut iyileşmeyi ve uzun vadeli adaptasyonu artırmak için gün içindeki protein türü miktarını ve zamanlamasını optimize etmek.
DEMİR	Yeterli besin demir alımının antrenman stresi/talepleri ve bireysel sporcu demir geçmişi ve profili ile bağlantısı.	Birkaç haftalık yüksek irtifa kampında takviye yoluyla demir alımının artırılması.	Yoğun antrenmanlardan bilinçli bir şekilde uzak durarak, C vitamini takviyesi yaparak ve kalsiyumu dışarıda bırakarak akut demir biyoyararlanımını optimize etmek.
CREATİN	2 aylık hipertrofi antrenman bloğu sırasında kreatin kullanımı	Birkaç haftalık anaerobik kısa aralıklı antrenman bloğunu güçlendirmek için akut yüksek doz kreatin yükleme fazı.	Antrenman sonrası CHO ile alınarak akut kas kreatin alımının optimize edilmesi.

İkinci olarak, bireysel sporcunun performans boşlukları, bu performans belirleyicilerine göre mümkün olan en iyi şekilde ölçülmelidir. Bu yapıdan, antrenör, antrenman periyodizasyonunun ve belirli seanslarının çeşitli makro (aylar ila yıllar), mezo (haftalar ila aylar) ve mikro döngüleri (günler ila günler içinde) stratejik olarak geliştirecek ve bunları hedefler ile boşluk arasında köprü kurmak için kullanılır. Gerçekten de, antrenman çalışmalarından elde edilen akran denetimli kanıtların elit antrenörlerin örtük bilgisiyle bütünleştirilmesi (Nash ve Collins, 2006), elit antrenman reçetesi ve periyodizasyonunun “Bilim”ini ve “Sanatını” üretir (Kiely, 2012).

Periyodik antrenman programı, spor beslenme uzmanının antrenman sonuçlarını desteklemek için beslenme stratejilerini eşleştirmesi için bir çerçeve sağlar. Tablo 1, makro-, mezo- ve mikro-periyodik beslenme önerilerinin uygulanmasında yer alan mantığı vurgular.

Enerji Alımının Periyodizasyonu

Enerji alımı (EI), birincil bir beslenme özelliğidir çünkü:

- 1) Makro besin alımlarının (kas substratları dahil) türetildiği temel çizgiyi belirler;
- 2) Diyetin besin yoğunluğu kısıtlamaları içinde mikro besin hedeflerine ulaşma kapasitesini etkiler;
- 3) Antrenman ve enerji dengesi etkileşimi yoluyla fiziğin manipüle edilmesine olanak tanır.

Antrenmanın enerji maliyetinin genellikle bir sporcunun enerji harcamasının başlıca belirleyicisi olduğu ve antrenman yükünün antrenman planının mikro, mezo ve makro döngüleri arasında belirgin şekilde değiştiği göz önüne alındığında, enerji alımı da günler, haftalar ve antrenman aşamaları arasında değişmelidir. Ek olarak, bazı sporcular fiziksel ve yapısal özelliklerini değiştirme girişimlerinde EI'lerini manipüle etmek isteyebilirler (örneğin vücut yağını veya vücut kütlesini azaltmak ve/veya kas kütlesi kazanmak), ancak bu tür manipülasyonların risklerini ve yararları takip edilmelidir.

Buna göre, enerji manipülasyonları, antrenman kalitesi veya rekabet performansı üzerindeki etkileri en aza indirmek için yıllık plana stratejik olarak entegre edilmeli ve stratejiler, Sporda Göreceli Enerji Eksikliği (RED-S); (Mountjoy ve ark., 2018) gelişimiyle ilişkili akut ve kronik sorunları azaltmak için yeterli enerji kullanılabilirliğini (EA) korumayı hedeflemek gerektiğini bildirmişlerdir.

Yapılan antrenmanlarda her egzersiz türü için toplam kalori ve substrat kullanımının tahminlerini yapılmalıdır; bu daha sonra enerji ve Günlük beslenme düzenlerine entegre edilmesi gereken makro besin alımı ve bu unsurların belirli bir antrenman mezo ve makro döngüsü boyunca değerlendirilmesi. EEE ve yakıt kullanımı hakkında bilgi sağlamak için birçok dolaylı protokol uygulanabilir; bunlar arasında, iç yük (örn. kalp hızı) ve/veya dış yük (örn. koşu hızı) ile bağlantılı yakıt kullanımını tahmin etmek için dolaylı kalorimetri ve kalori harcamalarını tahmin edebilen çeşitli teknolojiler bulunur. Bununla birlikte, EI'nin (Larson-Meyer ve ark., 2018) ve egzersiz enerji harcamasının (EEE) ve günlük yaşam aktivitelerinin (Murakami vd., 2016) doğru ölçümlerinin yapılmasının son derece zor olduğu vurgulanmalıdır; gerçekten de, hem EI hem de enerji harcamasının tipik ölçüm hataları içinde olan 300 kcal [1200 kJ; (Torstveit vd., 2018)] kadar düşük günlük uyumsuzluklar, uzun vadede EA üzerinde derin etkilere sahip olabilir.

Tablo 2. Makro, mezo ve mikro döngü antrenman periyodizasyonuna ilişkin beslenme hususları (Stellingwerff ve ark., 2018).

PERFORMANS VE/VEYA PERİYOTLAMA HUSUSLARI	BESLENME BAĞLAMI
MACRO PERİYOTLAMA (AYDAN HAFTAYA)	
Bu makro döngü (uyarıcı) için bu antrenman fazının/bloğunun özgül yükü ve yoğunluğu nedir?	Bu blok sırasında gerekli endojen/ekzojen substratların tahmini beslenme tavsiyesine rehberlik etmelidir. Makro-periyodizasyonla sinerjik olarak eşleşen herhangi bir beslenme ergojenik yardımcısının değerlendirilmesi.
Bu makro fazın EA gereksinimleri nelerdir?	Optimum EA için yeterli EI sağlayın.
Antrenman aşaması / bloğu ile ilgili olarak mevcut ve uzun vadeli vücut kompozisyonu hedefleri nelerdir? Değişiklikler gerekli mi?	Vücut kompozisyonu hedeflerini optimize etmek ve bireysel bir profil geliştirmek için risk ve ödül etrafında stratejik ekip tartışmaları
Herhangi bir makro sağlık hususu var mı? (Yaralanma/hastalık profili)	Potansiyel beslenme müdahalelerini bireysel sporcu sağlık sorunlarına hedefleyin.
MESO PERİYOTLAMA (HAFTADAN GÜNE)	
Bu mezo-döngü (uyarıcı) için bu antrenman fazının/bloğunun özgül yükü ve yoğunluğu nedir?	Bu blok sırasında belirli antrenman uyaranları nedeniyle gerekli olan endojen/ekzojen substratların tahmini beslenme tavsiyesine rehberlik etmelidir. Mezo periodizasyonla sinerjik olarak eşleşen herhangi bir beslenme ergojenik yardımcısının dikkate alınması
Bu mezofazın EA gereksinimleri nelerdir?	Optimum EA için yeterli EI'yi sağlayın.
Bir yarışma bloğu varsa (birkaç gün veya hafta boyunca birçok yarışma), kronikten akuta iyileşme gereksinimleri nelerdir?	Yoğun müsabaka dönemlerinde genel, müsabaka ve toparlanma beslenme müdahaleleri için kapsamlı lojistik planlama ve uygulamaya ihtiyaç duyulmaktadır.
Bu aşamada hangi çevresel antrenman müdahaleleri uygulanıyor?	Ortamlar (sıcak, soğuk, yükseklik) çeşitli periyodik beslenme müdahalelerinin (örneğin sıvı alımı, demir vb.) uygulanmasını gerektirir.

MICRO PERİYOTLAMA (GÜNLERDEN GÜN İÇİNE)

Bu mikro döngü (uyarıcı) için bu antrenman fazının/bloğunun özgül yükü ve yoğunluğu nedir?	Bu blok sırasında belirli antrenman uyaranları nedeniyle gerekli olan endojen/ekzojen substratların değerlendirilmesi beslenme tavsiyesine rehberlik etmelidir. Mikro-periyodizasyonla sinerjik olarak eşleşen herhangi bir beslenme ergojenik yardımcısının dikkate alınması
Çeşitli antrenman günlerinin EA gereklilikleri nelerdir?	Günlük EEE ve EI değişkenliği olabileceğini göz önünde bulundurarak, optimum EA için yeterli EI'yi sağlayın.
Tipik bir antrenman günü programı nasıldır? (Bu belirli antrenman bloğu/aşamasında)	Bireysel sporcuların günlük ve haftalık programlarının anlaşılması, mikro (bir saat içinde) beslenme ve takviye önerilerini bilgilendirir
Benzersiz/belirli tek bir antrenman seansından sonra akut iyileşme gereksinimleri nelerdir?	Bireysel antrenman seansları sırasında ihtiyaç duyulan ekzojen/endojen substratların tahmini, antrenman hedefleri ve aşaması ile birleştirilerek, antrenman öncesi, sırasında ve sonrasındaki beslenme müdahalelerine bilgi sağlanacaktır.
Tek bir müsabakadan sonra akut toparlanma gereksinimleri nelerdir?	Genel olarak, tüm toparlanma müdahaleleri, sonraki performansı en üst düzeye çıkarmak için bir yarışma turu sırasında veya bir yarışma bloğu boyunca optimize edilir.
Performansı optimize etmek için antrenman veya yarışmaya özgü müdahaleler nelerdir? (azaltma, ısınma ve spor psikolojisi)	Yarışma evresi, azaltma sırasında vücut kompozisyonunun optimizasyonu, toparlanma protokollerinin optimizasyonu ve akut yarışmaya özgü ergojenik yardımcılar (örneğin kafein, sodyum bikarbonat vb.) kullanımı gibi benzersiz beslenme periyodizasyonu zorlukları sunma eğilimindedir.

"Optimum EA"nın ölçümü veya reçetelenmesi etrafındaki mevcut ihtiyat ışığında, sporcuların antrenman veya yarışma ortamlarında EA veya EI'nin izlenmesini ve manipülasyonunu kronik olarak "mikro yönetmeleri" gerektiğini önermek hem akıllıca değildir hem de pratik değildir. Bununla birlikte, genel ihtiyaçlar ve bunların nasıl dalgalandığı hakkında bir anlayışa sahip olmak, sporcunun EI'nin EEE ile takip etmesini sağlayan davranışsal uygulamalar geliştirmesine (örneğin, daha yüksek EEE günlerinde veya dönemlerinde toparlanma atıştırmalıkları veya seans içi enerji alımı tüketmek) ve belki de vücut kompozisyonu manipülasyonunun hedeflenen dönemlerinde enerji hedeflerine odaklanmasına olanak tanıyabilir (Hawley ve ark., 2011).

Vücut kompozisyonunun periyotlandırılmasının ortaya çıkan kavramı, özelliklerin, antrenman adaptasyonu, sağlık ve performansın kısa ve uzun vadeli sorunlarına göre yıllık planın farklı aşamalarında bireyselleştirilmiş bir aralıkta manipüle edilmesine olanak tanır (Heydenreich ve ark., 2017; Stellingwerff, 2018).

Düşük Antrenman Yükü

Düşük antrenman yükü, düşük karbonhidrat bulunabilirliği olan antrenmanı tanımlamak için kullanılan genel bir terimdir. Bu düşük karbonhidrat bulunabilirliği düşük kas glikojeni, düşük karaciğer glikojeni, egzersiz sırasında veya sonrasında düşük karbonhidrat alımı veya bunların kombinasyonları olabilir. Karbonhidrat bulunabilirliğini azaltmanın gerekçesi, karbonhidrat bulunabilirliği (kas glikojeni) ile gen ifadesi arasında bağlantılar yapan çalışmalardan türetilmiştir (Pilegaard ve ark., 2002), çünkü genel olarak antrenman adaptasyonlarının, değişmiş bir fenotip ve gelişmiş performansla sonuçlanan protein sentezindeki küçük değişikliklerin bir sonucu olduğuna inanılmaktadır.

Bu protein sentezinin gerçekleşmesi için bir stres sinyali, transkripsiyon ve translasyon olması, haberci RNA'nın stabil kalması ve protein sentezi için yeterli amino asidin bulunması önemlidir. Bu faktörlerin çoğu beslenmeden etkilenir. Örneğin, AMP ile aktive edilen protein kinaz (AMPK) artışı da dahil olmak üzere kas kasılmasının bir sonucu olarak oluşan metabolik değişiklikler, gen transkripsiyonunu düzenlemede önemli faktörlerdir. Tek bir dayanıklılık egzersizi, AMPK'yi ve çeşitli metabolik ve stresle ilişkili genler için transkripsiyonu ve/veya haberci RNA içeriğini artıracaktır. Tipik olarak, transkripsiyonel aktivite iyileşmenin ilk birkaç saati içinde zirveye ulaşır ve 24 saat içinde başlangıç seviyesine döner (Jeukendrup, 2017).

Bu bulgular, iskelet kasındaki antrenman adaptasyonlarının, tekrarlanan egzersiz seanslarından iyileşme sırasında gen transkripsiyonundaki geçici

artışların kümülatif etkileriyle oluşturulabileceği genel hipotezine yol açmıştır (Pilegaard ve ark., 2000).

Gen transkripsiyonunun tek başına protein sentezinin gerçekleşeceğinin garantisi olmadığı açık olsa da, protein sentezinin gerçekleşmesi için gerekli bir adımdır. Çalışmalar ayrıca kas glikojeni ile AMPK ekspresyonu arasında bir bağlantı olduğunu göstermiştir, çünkü daha düşük kas glikojeni daha fazla AMPK ekspresyonuna neden olur (Wojtaszewski ve ark., 2003).

Kas glikojeninin AMPK'yi doğrudan etkilemesi muhtemeldir çünkü AMPK'nin bir alt birimi, yukarı akış kinazları tarafından fosforile edilmesini önleyen belirli glikojen bağlama bölgelerine bağlanır ancak glikojen parçalandığında, bu AMPK daha aktif hale gelir (McBride ve Hardie, 2009) ve düşük glikojen konsantrasyonlarında yüksek AMPK aktivitesi gözlenir (Wojtaszewski ve ark., 2003; Yeo ve ark., 2010).

p38 mitogenle aktive edilen protein kinaz (Cochran ve ark., 2010) ve p53 (Bartlett ve ark., 2012) gibi diğer sinyal molekülleri ve peroksisom proliferatörle aktive edilen reseptör-c koaktivatör 1-alfa ifadesi, egzersiz karbonhidrat kısıtlaması koşulları altında gerçekleştirildiğinde daha büyük ölçüde artırılabilir (Sandersve ark., 2007)

Ayrıca sıçanlarda peroksisom proliferatörle aktive edilen reseptör-gamma transkripsiyonel aktivitesinin iskelet kası kasılmasının ve glikojen tükenmesinin birleşik etkisine duyarlı olduğu gösterilmiştir (Philp ve ark., 2013). Bu nedenle glikojen, kastaki gen transkripsiyonunu düzenlemede önemli bir rol oynar ve bu da protein sentezini ve nihayetinde antrenman adaptasyonunu değiştirebilir. Bu nedenle glikojen depolarını manipüle etmek, antrenman adaptasyonunu optimize etmek için bir araç olabilir. Düşük antrenman yükü son birkaç yılda önemli ilgi görmüştür (Coffey ve Hawley, 2007).

Günde İki Kez Antrenman

Bu prensibi kullanan ilk çalışma, Hansen ve ark., tarafından yapılan bir çalışmaydı. Bu çalışmada, günde bir kez antrenman yapmakla günde iki kez antrenman yapmak karşılaştırıldı. İkinci egzersiz seansı düşük kas glikojeniyle yapıldı ve bu nedenle, denekler zamanlarının %50'sini düşük kas glikojeniyle antrenman yaparak geçirdiler. Bu, oksidatif kapasite belirteçlerinde [mitokondriyal enzimler 3-hidroksiasil-CoA dehidrogenaz (HAD) ve sitrat sentaz (CS) aktivitesi] belirgin iyileşmeler ve glikojen seviyelerinde, her zaman glikojen yüklü bir durumda antrenman yapmaya kıyasla artış sağladı (Hansen ve ark., 2005).

Bu, tek ayakla yapılan bir tekmeleme modelinin gerçek yaşam durumunu yansıtmadığını savunan çeşitli araştırmacılar ve antrenörler arasında bir tepkiye

yol açtı. Ek olarak, çalışmada antrenmansız bireyler kullanıldı, bu nedenle sporcular için gerçek yaşam önemi hala bilinmiyordu. Aynı tasarıma sahip ve Birleşik Krallık ve Avustralya'da Hulston ve ark., (2010), Yeo ve ark., (2010) tarafından paralel olarak gerçekleştirilen çalışmalar, etkileri daha gerçekçi bir atletik ortamda araştırdı. Her iki çalışmada da bisikletçiler gün aşırı iki kez veya her gün bir kez antrenman yaptı. Her iki çalışma da benzer sonuçlar üretti. Her iki çalışmadaki ilk gözlem, günde iki kez antrenman yapan bisikletçilerin (düşük antrenman) günde bir kez antrenman yapan bisikletçilerle aynı yoğunluğu koruyamadıklarıydı. İlki daha az iş yapmasına rağmen, adaptasyonların bazıları daha büyüktü. Örneğin, Hulston ve ark., (2010), HAD ve yağ asidi translokaz (FAT/CD36) protein içeriğinin 'düşük antrenman' sırasında daha fazla arttığını ve yağı yakıt olarak kullanma yeteneğinin geliştirildiğini bildirdi (Yeo ve ark., 2010; Hulston ve ark., 2010). Morton ve ark., (2009), ayrıca düşük kas glikojeniyle antrenman yaparken faydalı adaptasyonlar (artan süksinat dehidrogenaz aktivitesi) gözlemledi. Ancak, kontrolle karşılaştırıldığında 3 haftalık düşük antrenmandan sonra performansta hiçbir fark yoktu ancak belki de bu çalışmalardaki nispeten kısa antrenman dönemi performanstaki değişiklikleri göstermek için yeterli değildir (Yeo ve ark., 2010; Hulston ve ark., 2010).

Günde iki kez antrenman yapmanın yağ metabolizmasını destekleyen adaptasyonlara yol açabileceği anlaşıyor, ancak bu antrenman yönteminin uzun vadeli performans faydalarına da yol açacağı sonucuna varmak için henüz çok erken olduğu düşünülmektedir (Jeukendrup, 2017).

Açken Antrenman

Belki de 'düşük yüklenme antrenmanı' yapmanın en yaygın yolu gece boyunca açken antrenman yapmaktır. Tipik olarak, son öğün önceki gece saat 20.00 ile 22.00 arasında tüketilir ve egzersiz sabah kahvaltıdan önce yapılır. Bu durum, kas glikojeninin önceki egzersizle azaldığı önceki yöntemlerden farklıdır. Açken antrenman yapıldığında, kas glikojeni gece boyunca aç kalmaktan etkilenmemelidir, ancak karaciğer glikojeni çok düşük olacaktır (Nilson ve Hultman 1973).

Hespel ve Derave, çalışmalarında, açken antrenman yapmanın tokken antrenman yapmaktan (karbonhidrat içeren bir kahvaltı ve egzersiz sırasında karbonhidrat tüketmek) daha derin adaptasyonlara neden olabileceğini göstermiştir. Örneğin, bir çalışmada, CS ve HAD gibi oksidatif enzimlerin, 6 haftalık antrenmandan(haftada 4 x 1-1.5saat %75 maksimum oksijen alımında) sonra toklukla karşılaştırıldığında açken daha fazla oranda (sırasıyla %47 ve %34) yukarı düzenlendiği gösterilmiştir (Hespel ve Devare, 2007; Van Proeyen ve ark., 2011a; De Bock ve ark., 2005).

Yazarlar, açken yapılan antrenmanın tokken yapılan antrenmandan kas oksidatif kapasitesini artırmada daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca, intramüsküler yağ kullanımının açken yapılan antrenmanla arttığını ve kan glikoz seviyelerinin düzenlenmesinde iyileşmeler olduğunu gözlemlemişlerdir. Mekanizmaların düşük glikojenle yapılan antrenmandan farklı olması muhtemeldir. Açken ve tokken antrenman yapan deneklerde AMPK'da hiçbir fark bulamadılar, ancak egzersiz sonrası ökaryotik uzama faktörü 2 fosforilasyonunda farklar gözlemlediler (karbonhidrat beslenmesinden sonra yükseldi ancak oruçtan sonra yükselmedi) (Van Proeyen ve ark., 2011b)

Oruçlu halde yapılan egzersizin egzersiz sırasında kas içi yağ kullanımını kolaylaştırdığını ve glikojen yeniden sentezini iyileştirdiğini göstermiş (De Bock ve ark., 2005). Ayrıca karbonhidrat alımının, ayrışma proteini 3 gen ifadesini körelttiği, oruçlu halde yapılan antrenmanın ise ayrışma proteini 3 gen ifadesinde belirgin bir artışa yol açtığıda gösterilmiştir (De Bock ve ark., 2005). Aynı araştırma grubu tarafından yapılan başka bir çalışmada, oruçlu halde yapılan antrenmanda belirgin bir iyileşme görülmediği bildirilmiştir. Bu çalışmada, yağ metabolizmasının düzenlenmesinde rol oynayan proteinlerde küçük değişiklikler gözlemlendi ancak bu, yağ oksidasyonunda ölçülebilir değişikliklere yol açmamıştır (De Bock ve ark., 2008).

Bu çalışmaların sonuçları ümit vericidir ve oruçlu halde yapılan antrenmanın potansiyel faydaları olduğu görülmektedir. Ancak, haftada kaç gün antrenman gerektiği gibi hala cevaplanması gereken bir dizi pratik soru vardır. Oruçlu antrenman için en uygun antrenman türü (yoğunluk ve süre) nedir? Anlamlı etkiler görmek için bu antrenman kaç hafta yapılmalıdır? Ayrıca, bugüne kadar yapılan çalışmalar metabolik adaptasyonlara odaklanmış ve çok azı egzersiz performansı üzerindeki potansiyel etkilere, örneğin aç karnına yapılan antrenmanın zamanla performans iyileştirmelerine yol açıp açmadığına değinmiştir.

Tamlama Sırasında Karbonhidrat Kısıtlaması

Başka bir kavram, egzersizden sonraki ilk saatlerde karbonhidrat alımını kısıtlamaktır. Birçok egzersiz kaynaklı gen için transkripsiyonel aktivasyonun zaman süreci iyileşmenin ilk birkaç saatine kadar uzanır ve genellikle 24 saat içinde başlangıç seviyesine döner (Burke ve ark., 2016).

Geleneksel olarak, en yüksek glikojen sentezi oranlarıyla sonuçlandığı için egzersizden hemen sonra karbonhidrat tüketilmesi önerilirdi (Burke ve ark., 2016).

Pilegaard ve arkadaşları, karbonhidratlı veya karbonhidratsız egzersiz sonrası gen ifadesi üzerindeki etkileri incelerken ilginç gözlemlerde bulunmuşlardır.

Karbonhidrat alımı yapanla kontrol grubu karşılaştırıldığında 5 saatten fazla kısıtlandığında 75 dakikalık bisiklet egzersizi sonrasında metabolik genlerin aktivasyonunun arttığını bildirmişlerdir (Pilegaard ve ark., 2005).

Cochran ve ark., (2010) ayrıca egzersiz sonrası karbonhidrat alımının, kas glikojen içeriğindeki değişikliklerin değil, tekrarlanan yüksek yoğunluklu aralıklı egzersiz seanslarına metabolik yanıtı değiştirdiğini bildirmişlerdir. Özellikle, p38 MAPK'nın karbonhidrat alımı kısıtlandığında daha fazla aktive olduğu ve bunun peroksisom proliferatörle aktive edilen reseptör-c koaktivatörü 1'in gelişmiş ekspresyonu ve egzersize daha iyi metabolik adaptasyonla bağlantılı olduğu gözlemlenmiş. Ancak diğer çalışmalar bunu doğrulayamamış ve iyileşme sırasında yüksek ve düşük karbonhidrat alımı arasında hiçbir fark bulunamamıştır (Mathai ve ark., 2008; Jensen ve ark., 2015).

Son zamanlarda yapılan bir çalışma egzersiz sonrası karbonhidrat alımının glikojen ve gen ifadesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Karbonhidrat alımı kısmi glikojen yenilenmesiyle sonuçlandı ancak gen ifadesi iki grup arasında farklı değildi. 24 saat sonra, glikojen yenilenmesi iki grupta da benzerdi (iyi antrenmanlı bireylerde tutarlı görünen bir bulgu) ve gen ifadesi seviyeleri her iki grupta da başlangıç seviyelerine döndü. Gen ifadesi seviyelerindeki değişikliklerin fark edilmemiş olması imkansız değildir çünkü nispeten az sayıdaki örnekleme noktasının zamanlaması mükemmel olmayabilir. Bu nedenle, iyileşme aşamasında karbonhidrat manipülasyonunun etkisi hala belirsizdir (Jensen ve ark., 2015).

Tablo 3. Beslenme antrenman yöntemleri: Bazı yöntemler diğerlerinden daha fazla destekleyici kanıta sahip olsa da, bunlar sporcuların ve koçların sporcunun beslenmesini dönemselleştirmek için kullanabilecekleri potansiyel beslenme antrenman araçlarıdır (Jeukendrup, 2017).

Düşük Yük Antrenman	Günde iki antrenman	İki seans arasında sınırlı veya hiç karbonhidrat alımı yok. İlk antrenman kas glikojenini düşürecek, böylece ikinci antrenman düşük glikojen durumunda gerçekleştirilecek. Bu, ilgili genlerin ifadesini artırabilir
	Aç Karnına Antrenman	Antrenman bir gecelik açlıktan sonra yapılır. Kas glikojeni normal veya yüksek olabilir ancak karaciğer glikojeni düşüktür
	Düşük ekzojen karbonhidrat bulunabilirliği ile antrenman	Uzun süreli egzersiz sırasında hiç veya çok az karbonhidrat tüketilir. Bu, stres tepkisini abartabilir.
	Tamlama sırasında düşük karbonhidrat bulunabilirliği	Egzersiz sonrası hiç veya çok az karbonhidrat tüketilir. Bu, stres tepkisini uzatabilir
	Düşük Uyku	Günün geç saatlerinde antrenman yapın ve karbonhidrat alımınızı kısıtlayarak yatağa girin. Esasen antrenmandan sonra düşük karbonhidrat bulunabilirliği ile aynı fikirdir ancak egzersiz sonrası dönem uzatılır. Kas ve karaciğer glikojeni uyku sırasında birkaç saat düşük olacaktır
Şiddetli Antrenman	Düşük karbonhidratlı yüksek yağlı/ketojenik diyetler	Uzun vadeli düşük karbonhidrat depoları
	Yüksek kas ve karaciğer glikojeniyle antrenman	Antrenmandan önce glikojenin önemli olduğu dönemde karbonhidrat alımı yüksektir ve egzersiz sonrası glikojen restorasyonuna odaklanılır
	Yüksek karbonhidratlı diyetle antrenman	Karbonhidrat alımı günlük olarak antrenmandan bağımsız olarak yüksektir, ancak özellikle antrenman sırasında (sırasında ve sonrasında) yüksek olabilir.

Bağırsakları Eğitmek	Mide konforu eğitimi	Egzersizle veya egzersizsiz alım hacmini artırmak
	Mide boşaltma eğitimi	Mide sıvılarının veya besin maddelerinin (karbonhidrat) mideden atılmasını artırmak/iyileştirmek ve mide rahatsızlığını azaltmak için öğünlerin tekrar tekrar kullanılması
	Emilim eğitimi	Bağırsakların emilim kapasitesini iyileştirmek ve bağırsak rahatsızlığını azaltmak için günlük karbonhidrat alımını ve/veya egzersiz sırasında alımı artırmak
	Yarışma Beslenmesi Eğitimi	Yarış gününde olduğu gibi beslenme stratejisinin tüm yönlerini eğitmek
Susuz kalmış eğitim	Susuz bir durumda eğitim	Sıvı kaybını önlemek için sınırlı/sıvı alımı yapılmadan antrenman yapılması
Takviyelerle eğitim adaptasyonlarının iyileştirilmesi	Takviyeler	Daha fazla eğitimin gerçekleştirilmesine olanak sağlayabilecek takviyeler (bkz. Tablo 4) Protein sentezini başlatabilecek veya artırabilecek ve/veya miyofibriller protein sentezini artırabilecek takviyeler (bkz. Tablo 4) Mitokondriyal biyogenezi artırma potansiyeli olan takviyeler (bkz. Tablo 4)

Tablo 4. Etki mekanizmalarına göre antrenmanı teşvik etmek için önerilen takviye kategorileri (Jeukendrup, 2017).

Daha fazla antrenman yapılmasına olanak	Kafein
	Bikarbonat
	Kreatin
	Nitratlar (pancar)
Protein sentezini başlatabilecek veya artırabilecek	Esansiyel amino asitler
	Lösün
	Dallı zincirli amino asitler
	β b-Hidroksi bmetilbutirat
Mitokondriyal biyogenezi artırma potansiyeline sahip	Epigallocatechin gallate ve yeşil çay
	(-)Epicatechins
	Resveratrol
	Quercetin
	Konjuge linoleik asit

Sonuç

Spordaki çok sayıda farklı etkinlik, hepsi benzersiz biyoenerjetik, biyomekanik ve yapısal performans belirleyicileriyle, potansiyel periyotlandırılmış beslenme müdahalelerinin sonsuz sayıda permütasyonuna olanak tanır.

Bu nedenle, beslenme periyotlandırma seçenekleri arasında yönlendirme yapabilmek için bir beslenme periyotlandırma çerçevesi ve makro, mezo ve mikro periyotlandırılma yapıları planlamalar gerekir.

Antrenman periyodizasyonunun karmaşıklıklarının anlaşılmasıyla, bu alandaki gelecekteki yönler, elit sporcularda mevcut periyodize yaklaşımların bilgisinin ve uygulamasının daha iyi niceleştirilmesini ve daha geniş sporcu gruplarında uzun süreli antrenman blokları boyunca sistematik olarak kontrol edilen CHO, Protein ve Yağ periyodizasyon yaklaşımlarını içermelidir. Gelecekte araştırılacak diğer bilimsel alanlar arasında, antrenman adaptasyonlarını ve performansı artırma girişimlerinde ergojenik yardımcıların mezo ve/veya makro periyodizasyonu da yer almaktadır. Özetle, periyodize beslenme alanı son on yılda önemli kazanımlar elde etti, ancak daha fazla ilerleme için olgunlaştığını düşündürmektedir.

Kaynakça

- Bartlett, J.D., Hawley, J.A., Morton, J.P. (2015). Carbohydrate availability and exercise training adaptation: too much of a good thing? *Eur J Sport Sci.* 15:3–12.
- Bartlett, J.D., Hwa Joo, C., Jeong, T.S., et al. (2012). Matched work highintensity interval and continuous running induce similar increases in PGC-1 α mRNA, AMPK, p38, and p53 phosphorylation in human skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 112:1135–43.
- Burke, L.M. (2010). Fueling strategies to optimize performance: training high or training low? *Scand J Med Sci Sports.* 20:48–58.
- Burke, L.M., van Loon, L.J., Hawley, J.A. (2016). Post-exercise muscle glycogen resynthesis in humans. *J Appl Physiol* (1985). jap.00860.2016.
- Close, G.L., Hamilton, L., Philp, A., et al. (2016). New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free Radic Biol Med.* 98:144–58.
- Cochran, A.J., Little, J.P., Tarnopolsky, M.A., et al. (2010). Carbohydrate feeding during recovery alters the skeletal muscle metabolic response to repeated sessions of high-intensity interval exercise in humans. *J Appl Physiol.* 108:628–36.
- Coffey, V.G., Hawley, J.A. (2007). The molecular bases of training adaptation. *Sports Med.* 37:737–63.
- De Bock, K., Derave, W., Eijnde, B.O., et al. (2008). Effect of training in the fasted state on metabolic responses during exercise with carbohydrate intake. *J Appl Physiol.* 104:1045–55.
- De Bock, K., Richter, E.A., Russell, A.P., et al. (2005). Exercise in the fasted state facilitates fibre type-specific intramyocellular lipid breakdown and stimulates glycogen resynthesis in humans. *J Physiol.* 564:649–60.
- Gomez-Cabrera, M.C., Salvador-Pascual, A., Cabo, H., et al. (2015). Redox modulation of mitochondriogenesis in exercise: does antioxidant supplementation blunt the benefits of exercise training? *Free Radic Biol Med.* 86:37–46.
- Hansen, A.K., Fischer, C.P., Plomgaard, P., et al. (2005). Skeletal muscle adaptation: training twice every second day vs. training once daily. *J Appl Physiol.* 98:93–9.
- Hawley, J.A., Burke, L.M. (2010). Carbohydrate availability and training adaptation: effects on cell metabolism. *Exerc Sport Sci Rev.* 38:152–60.
- Hawley, J.A., Burke, L.M., Phillips, S.M., et al. (2011). Nutritional modulation of training-induced skeletal muscle adaptations. *J Appl Physiol.* 110:834–45.

- Hespel, P., Derave, W. (2007). Ergogenic effects of creatine in sports and rehabilitation. *Subcell Biochem.* 46:245–59.
- Heydenreich, J., Kayser, B., Schutz, Y., Melzer, K. (2017). Total Energy Expenditure, Energy Intake, and Body Composition in Endurance Athletes Across the Training Season: A Systematic Review. *Sports Med Open*, 3(1), 8.
- Hulston, C.J., Venables, M.C., Mann, C.H., et al. (2010). Training with low muscle glycogen enhances fat metabolism in well-trained cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 42:2046–55.
- Impey, S.G., Hammond, K.M., Shepherd, S.O., et al. (2016). Fuel for the work required: a practical approach to amalgamating train-low paradigms for endurance athletes. *Physiol Rep.* 4:e12803.
- Jensen, L., Gejl, K.D., Ortenblad, N., et al. (2015). Carbohydrate restricted recovery from long term endurance exercise does not affect gene responses involved in mitochondrial biogenesis in highly trained athletes. *Physiol Rep.* 3:e12184.
- Jeukendrup, A.E. (2017). Periodized Nutrition for Athletes. *Sports Med.* 47 (Suppl 1):S51–S63.
- Kiely, J. (2012). Periodization paradigms in the 21st century: evidence-led or tradition-driven? *Int J Sports Physiol Perform*, 7(3), 242-250.
- Larson-Meyer, D.E., Woolf, K., Burke, L. (2018). Assessment of Nutrient Status in Athletes and the Need for Supplementation. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 28(2), 139-158.
- Mathai, A.S., Bonen, A., Benton, C.R., et al. (2008). Rapid exercise-induced changes in PGC-1 α mRNA and protein in human skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 105:1098–105.
- McBride, A., Hardie, D.G. (2009). AMP-activated protein kinase: a sensor of glycogen as well as AMP and ATP? *Acta Physiol.* 196:99–113.
- Morrison, D., Hughes, J., Della Gatta, P.A., et al. (2015). Vitamin C and E supplementation prevents some of the cellular adaptations to endurance-training in humans. *Free Radic Biol Med.* 89:852–62.
- Morton, J.P., Croft, L., Bartlett, J.D., et al. (2009). Reduced carbohydrate availability does not modulate training-induced heat shock protein adaptations but does upregulate oxidative enzyme activity in human skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 106:1513–21.
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., et al. (2018). International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 28(4), 316-331.

- Mujika, I., Stellingwerff, T., Tipton, K. (2014). Nutrition and training adaptations in aquatic sports. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 24:414–24.
- Murakami, H., Kawakami, R., Nakae, S., Nakata, Y., Ishikawa-Takata, K., Tanaka, S., Miyachi, M. (2016). Accuracy of Wearable Devices for Estimating Total Energy Expenditure: Comparison With Metabolic Chamber and Doubly Labeled Water Method. *JAMA Intern Med.*
- Nash, C., Collins, D. (2006). Tacit Knowledge in Expert Coaching: Science or Art? *Quest*, 58, 465-477.
- Nilsson, L.H., Hultman, E. (1973). Liver glycogen in man; the effects of total starvation or a carbohydrate-poor diet followed by carbohydrate feeding. *Scand J Clin Lab Invest.* 32:325–30.
- Paulsen, G., Cumming, K.T., Holden, G., et al. (2014). Vitamin C and E supplementation hampers cellular adaptation to endurance training in humans: a double-blind, randomised, controlled trial. *J Physiol.* 592:1887–901.
- Philp, A., MacKenzie, M.G., Belew, M.Y., et al. (2013). Glycogen content regulates peroxisome proliferator activated receptor- partial differential (PPAR- partial differential) activity in rat skeletal muscle. *PLoS One.* 8:e77200.
- Pilegaard, H., Keller, C., Steensberg, A., et al. (2002). Influence of preexercise muscle glycogen content on exercise-induced transcriptional regulation of metabolic genes. *J Physiol.* 541:261–71.
- Pilegaard, H., Ordway, G.A., Saltin, B., et al. (2000). Transcriptional regulation of gene expression in human skeletal muscle during recovery from exercise. *Am J Physiol.* 279:E806–14.
- Pilegaard, H., Osada, T., Andersen, L.T., et al. (2005). Substrate availability and transcriptional regulation of metabolic genes in human skeletal muscle during recovery from exercise. *Metabolism.* 54:1048–55.
- Sanders, M.J., Grondin, P.O., Hegarty, B.D., et al. (2007). Investigating the mechanism for AMP activation of the AMP-activated protein kinase cascade. *Biochem J.* 403:139–48.
- Shearman, M. (1887). *Athletics and football*. London: Longman's, Green, and Co.
- Stellingwerff, T., Boit, M.K., Res, P.T. (2007). Nutritional strategies to optimize training and racing in middle-distance athletes. *J Sports Sci.* 25:S17–28.
- Stellingwerff, T., Morton, J.P., Burke, L.M. (2018). A framework for periodized nutrition for athletics, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, Human Kinetics, Inc.
- Torstveit, M.K., Fahrenholtz, I., Stenqvist, T.B., Sylta, O., Melin, A. (2018). Within-day Energy Deficiency and Metabolic Perturbation in Male Endurance

Athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 1-28

- Van Proeyen, K., De Bock, K., Hespel, P. (2011b). Training in the fasted state facilitates re-activation of eEF2 activity during recovery from endurance exercise. *Eur J Appl Physiol*. 111:1297–305.
- Van Proeyen, K., Szlufcik, K., Nielens, H., et al. (2011a). Beneficial metabolic adaptations due to endurance exercise training in the fasted state. *J Appl Physiol*. 110:236–45.
- Wojtaszewski, J.F., MacDonald, C., Nielsen, J.N., et al. (2003). Regulation of 50AMP-activated protein kinase activity and substrate utilization in exercising human skeletal muscle. *Am J Physiol*. 284:E813–22.
- Yeo, W.K., McGee, S.L., Carey, A.L., et al. (2010). Acute signalling responses to intense endurance training commenced with low or normal muscle glycogen. *Exp Physiol*. 95:351–8.

8. Bölüm

Fiziksel Uygunluk ve Dayanıklılık İlişkisi

Süleyman GÖNÜLATES¹

Giriş

Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, kentleşme, rekreasyonel fırsatların eksikliği ve sınırlı serbest zaman nedeniyle, dünya genelindeki ergenlerin %80'i ve yetişkinlerin %25'i fiziksel olarak hareketsizdir (Bull ve ark., 2020).

Fiziksel hareketsizlik, tip 2 diyabet, kolon kanseri ve koroner kalp hastalığı gibi hastalıkların riskinin artmasına katkıda bulunur ve küresel ölümlerin yaklaşık %9'unu oluşturur (Bull ve ark., 2020; Lee ve ark., 2012). Sanal gerçeklik (VR) teknolojisinin entegrasyonu, fiziksel aktivite ve sağlık teşvikine yeni bir yaklaşım sunar (Ahn ve Fox, 2017) ve aydınlatma ve hava koşulları gibi dış faktörlerin geleneksel egzersizde olduğu gibi önemli bir rol oynamadığı bir ortam sunar (Salmon ve ark., 2003).

Günlük yaşam içerisinde fiziksel aktivite ile antrenman kavramlarını ayıran farklılıklar vardır. Yürüyüş yapmak gibi düşük şiddetli egzersiz antrenman değildir. Bu nedenle hareketsiz davranış ve fiziksel aktivite arasında bir ayrım gerekmektedir. Hareketsiz davranış, düşük enerji harcaması ile karakterize edilir. Buna örnek; oturmak, ayakta durmak, çoğu ofis işi, TV izlemek, bilgisayar oyunları oynamak veya araba kullanmak sayılabilir.

Özellikle COVID-19 salgını sırasında yürütülen son çalışmalar, VR'nin geleneksel eğitimin yerine geçip geçemeyeceği ve faydalarının neler olduğu sorusunu gündeme getiriyor. Son on yılda, VR tabanlı eğitim öne çıkarak en modern fitness çözümleri arasında yer aldı. Yaşlı yetişkinlerin (Entertainment Software Association, 2011), kırsal alanlardan gelen bireylerin ve sınırlı serbest zamana sahip olanların VR emülatörleri (Peng ve ark., 2013a) aracılığıyla yeterli fiziksel aktiviteye katılmasını sağlamıştır. VR'nin artan önemi açıktır, çünkü çalışmalar VR tabanlı egzersiz programlarına katılanların geleneksel egzersiz yapanlara kıyasla denge, koordinasyon, güç ve esneklikte önemli ölçüde daha iyi sonuçlar elde ettiğini göstermiştir. VR, fiziksel sınırların olmadığı, sistemin kendisinin kullanıcının aktivitesini izlediği dijital bir eğitim ortamı yaratır.

¹ Doç.Dr.; Pamukkale Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Rekreasyon Bölümü, sgonulates@hotmail.com ORCID: 0000-0002-1175-2393.

Covid 19 süreci yaşadığımız sürece bağlı olarak daha zorluklar çekeceğimiz ve sosyal yaşantımızdan uzaklaşıp daha bireysel yaşam türüne yönelmeye başlamamız gerektiğini göstermektedir. Bu sürecin klasik sloganı olan sosyal mesafenin korunması doğal olarak bireysel yaşamı tercih ederken yanlızlığı seçmemiz gerekmektedir bu ise fiziksel hareketsizliğe yol açmıştır (Dündar, 2020).

Antrenman programlarını kişiselleştirme yeteneği, yeni başlayanlardan profesyonel sporculara kadar tüm deneyim seviyelerinde uygulanmasına olanak tanır. Başlangıçta, VR sistemleri oyuncuların hareketi ve hızı kontrol etmek için bir fare kullanmasını gerektiriyordu (Plante ve ark., 2003a; 2003b). Ancak, teknolojik gelişmeler bilgisayarlarla senkronize edilmiş entegre sensörlerin geliştirilmesine yol açtı ve sanal ortamlara tam olarak dalmayı sağlayan başa takılan ekranlar (HMD'ler) ve elde taşınan kumandalar oluşturdu (Zeng ve ark., 2017a).

Günümüzde, PlayStation VR, Oculus Rift, HTC Vive ve VrFit gibi platformlar, Xbox 360 ve Nintendo ile birlikte hareket sensörlü kameralarla birlikte, egzersiz sırasında avatar hareketlerini izlemek ve kontrol etmek için son teknolojiyi temsil ediyor (Kim ve ark., 2013).

VR tabanlı aktiviteler yerçekimsiz top yakalama (Zaal ve Bootsma, 2011) ve sanal bisiklete binme (Seo ve ark., 2023; Touloudi ve ark., 2022) ile sanal koçlarla etkileşimli eğitim (Mokmin, ve Jamiat, 2021) ve hedeflere ulaşmak için fiziksel hareket gerektiren arcade tarzı oyunlara kadar uzanıyor (Warburton ve ark., 2006; Bauman ve ark., 2006).

Koşu, bisiklete binme veya kuvvet antrenmanı gibi geleneksel egzersiz biçimleri uzun zamandır kardiyovasküler sağlık, kas kütlesi gelişimi, yağ azaltma ve zihinsel refaha olan faydalarıyla tanınıyor (Nitkiewicz ve ark., 2023). Ancak, geleneksel egzersize erişim genellikle zaman, mekan ve ekipman bulunabilirliğiyle sınırlıdır. Buna karşılık, VR tabanlı egzersiz esneklik ve erişilebilirlik sunarak kullanıcıların evde eğitim almalarına ve aktiviteleri ihtiyaçlarına göre uyarlamalarına olanak tanır (Tirp ve ark., 2015). Araştırmalar, VR eğitiminin motor becerileri geliştirebileceğini, etkileşimli ve ilgi çekici yapısı nedeniyle motivasyonu artırabileceğini ve geleneksel eğitim yöntemlerine kısıtlı erişimi olan bireyler için etkili bir alternatif olarak hizmet edebileceğini göstermektedir (Peng ve ark., 2013b).

VR egzersizi geleneksel fiziksel aktivitenin tam bir yerini tutmasa da Zeng ve arkadaşları, özellikle geleneksel egzersiz seçeneklerine kısıtlı erişimi olan bireyler için oldukça etkili bir alternatif olarak hizmet ettiğini göstermiştir (Zeng ve ark., 2017b).

VR tabanlı eğitimin, ağrı algısını, kaygıyı ve yorgunluğu azaltırken, üst ve alt uzuvların rehabilitasyonuna, felçten kurtulmaya ve travma sonrası stres bozukluğu tedavisine yardımcı olduğu gösterilmiştir (Gonçalves ve ark., 2012; Rutkowski ve ark., 2020a). Ek olarak, 2D tabanlı VR uygulamaları, genel fiziksel aktiviteyi teşvik etmek (Ho ve ark., 2017; 2015) ve özellikle COVID-19 salgınının neden olduğu dengesizliklere yanıt olarak stresi azaltarak ve bilişsel işlevi iyileştirerek rahatlamayı artırmak için kullanılmıştır (García-Bravo ve ark., 2021; Kolbe ve ark., 2021).

VR eğitiminin olumlu etkileri motor becerilere, fiziksel aktivite seviyelerine ve algısal-bilişsel yeteneklere kadar uzanır ve çeşitli biyomekanik ölçümlerde iyileştirmelere katkıda bulunur (Lammfromm ve Gopher, 2011; Rutkowski ve ark., 2020b). VR, erişilebilirliği, etkileşimliliği ve zaman ve mekan kısıtlamalarının ortadan kaldırılması nedeniyle fiziksel aktivitede giderek daha fazla önem kazanmıştır.

Yüksek düzeyde motivasyon ve uyarlanabilirlik sunarak fitness ve spor eğitiminde artan uygulamasına katkıda bulunur. VR'nin fiziksel aktivitedeki faydaları kapsamlı bir şekilde incelenmiş olsa da, yöntemlerin standardizasyonu, bireysel uyarlanabilirlik ve motor yetenekler üzerindeki uzun vadeli etkiler gibi sınırlamaları ve zorlukları yeterince araştırılmamıştır. Araştırma boşluklarını belirlemek ve gelecekteki çalışmalar için yönler belirlemek için mevcut kanıtların sistematik bir incelemesi ve meta analizi gereklidir. Ek olarak, avantajlarına rağmen VR eğitimi etkinliğini ve uygulanabilirliğini etkileyebilecek zorluklarla karşı karşıyadır. Başlıca endişelerden biri, başlangıçtaki kullanıcı coşkusunun zamanla azalabileceği için uzun vadeli uyumdur (Mokmin, ve Jamiat, 2021).

Ayrıca, belirli popülasyonlar hareket hastalığı ve yönelim bozukluğu gibi sorunlar yaşar ve bu da erişilebilirliği sınırlar (Nitkiewicz ve ark., 2023). VR eğitiminin etkileri ayrıca yaşa, zindelik seviyesine ve dijital teknolojilerle ilgili önceki deneyime bağlı olarak farklı demografik gruplar arasında değişir (Wang, 2023).

Bu nedenle, VR'nin farklı kullanıcılar için nasıl optimize edilebileceğine dair daha derin bir anlayış hayati önem taşır.

Kardiyovasküler zindeliği iyileştirmek veya sürdürmek, tüm nedenlere bağlı ve kardiyovasküler hastalık riskini azaltabilir (Lee ve ark., 2011). Gerçekten de, hipertansiyon, diabetes mellitus, sigara içme ve obezite gibi diğer iyi bilinen risk faktörleriyle karşılaştırıldığında, kardiyovasküler zindelik daha güçlü bir ölüm öngörücüsüdür (Lee ve ark., 2010; Myers ve ark., 2002). Bu nedenle, kardiyovasküler zindeliği iyileştirmeyi amaçlayan zindelik antrenman programları genel nüfus için geniş bir çekiciliğe sahiptir.

Fitness endüstrisi son zamanlarda yüksek yoğunluklu aralıklı antrenmana (HIT) olan ilgide artış gördü bu, aerobik zindeliği artırmaya yönelik geleneksel yaklaşıma, yani sürekli dayanıklılık antrenmanına uygulanabilir bir alternatif olduğu öne sürülen bir patlama ve toparlanma döngüsüydü (Zuhl ve Kravitz, 2012). Ancak, genel toplumda zindeliği iyileştirmek için en uygun antrenman rejimini belirlemek, bu farklı eğitim türlerinin fizyolojik parametrelerdeki adaptasyonları nasıl etkilediğine dair bilgi gerektirir (Helgerud ve ark., 2007).

Sonuç olarak, aerobik zindelik iyileştirmeleri için hangi antrenman biçiminin, dayanıklılık veya HIT'in daha üstün olduğunu inceleyen önemli miktarda araştırma yapılmıştır. Dayanıklılık antrenmanı ve HIT, her ikisi de aerobik kondisyonu artırır (Hottenrott ve ark., 2012) ve bu nedenle kardiyovasküler risk faktörleri, kondisyon ve her türlü ölüm oranında faydalarla ilişkilidir (Oja ve ark., 2011).

Ancak bazı çalışmalar, HIT'in hem aerobik hem de anaerobik kondisyonunda iyileştirmelere yol açtığını (Whyte ve ark., 2012) ve dayanıklılık performansını tek başına dayanıklılık antrenmanından daha fazla iyileştirdiğini öne sürmüştür (Laursen ve Jenkins, 2002).

Örneğin, Daussin ve diğerleri (Daussin ve ark., 2008), maksimum oksijen alımının (VO_{2max}) 8 haftalık HIT programına katılan sedanter erkekler ve kadınlar için (%15) dayanıklılık antrenmanı programına katılan sedanter katılımcılara göre (%9) daha yüksek olduğunu bulmuştur.

Yüksek yoğunluklu aralıklı antrenmanın, antrenman sırasında önemli ölçüde daha az toplam enerji harcaması gerektirmesine rağmen, erkeklerde ve kadınlarda yağ kaybını teşvik etmek için sürekli, sabit durum egzersiz antrenmanından daha etkili olduğu bildirilmiştir (Trapp ve ark., 2008; Tremblay ve ark., 1994).

Son çalışmalar, HIT'ten sonra oluşan kardiyovasküler adaptasyonların dayanıklılık antrenmanından sonra oluşanlara benzer ve bazı durumlarda daha üstün olduğunu göstermiştir (Helgerud ve ark., 2007; Wisløff ve ark., 2009) ve HIT'in daha fazla faydalı etkisi Nord-Trøndelag Sağlık Çalışması (Wisløff ve ark., 2009) tarafından sağlanmıştır ve bu çalışma, sadece tek bir haftalık HIT seansının hem erkeklerde hem de kadınlarda kardiyovasküler hastalık riskini azalttığını belirtmiştir (sırasıyla göreceli risk: 0,61 ve 0,49).

Bu nedenle, son meta analizlerin (Weston ve ark., 2014a; Kessler ve ark., 2012), HIT'in hasta popülasyonlarında kardiyovasküler zindeliği iyileştirmek ve metabolik risk faktörlerini azaltmak için uygun bir antrenman uyarıcısı olduğunu doğrulaması şaşırtıcı değildir.

Yukarıda belirtilen incelemelere benzer dahil etme kriterlerini kullanarak, Bacon ve ark. (2013), HIT'in VO_{2max} üzerindeki etkisini meta analiz etti ancak

kontrol grubunun türünden (egzersiz yok veya dayanıklılık antrenmanı) bağımsız olarak yalnızca genel bir etki boyutu hesapladı.

Sonuç olarak, HIT'in dayanıklılık antrenmanından daha iyi olduğu sonucuna varamayız çünkü HIT'in etkisi, doğal olarak, egzersizsiz kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında dayanıklılık antrenmanı kontrolleriyle karşılaştırıldığında etkisinden çok daha yüksektir. Bu nedenle, HIT'in daha kesin etkilerini belirlemek için ayrı bir analiz (HIT'e karşı dayanıklılık antrenmanı; HIT'e karşı egzersiz yok) gereklidir.

Gist ve ark., (2014) sprint aralıklı antrenmanın (SIT) yoğunluk spektrumunun en yüksek ucundaki HIT biçimi olarak sınıflandırılan (Sloth ve ark., 2013), VO_{2max} üzerinde egzersizsiz kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında orta düzeyde bir etki (0,69) bildirilmiştir; ancak dayanıklılık antrenmanı kontrolleriyle karşılaştırıldığında önemsiz bir etkidir (0,04).

Ancak, bu meta-analiz Gist ve ark., (2014), Weston ve ark., (2014b), Sloth ve ark., (2013) tarafından gerçekleştirilen son meta-analizler, yalnızca SIT'in VO_{2max} üzerindeki etkisine değindi. Bunu yaparken, bu incelemeler daha uzun aralıklı süreler ve daha kısa iyileşme dönemleri kullanan HIT araştırmalarını hariç tuttu.

Hasta popülasyonlarında daha uzun süreli HIT tekrarları üzerine meta-analizler yapılmış olsa da (Weston ve ark., 2014; Kessler ve ark., 2012), yazarların bilgisi dahilinde, dayanıklılık antrenmanı veya egzersizsiz kontrollerle karşılaştırıldığında daha uzun süreli HIT tekrarlarının etkisini inceleyen sistematik bir inceleme ve meta-analiz yoktur.

Fiziksel uygunluk ve spora özgü performans sporcuların rekabet yeteneklerini belirler [13]. Uzmanlaşmış spor performansı sporcuların beceri seviyesi ve belirli spor süreçlerindeki etkinliğini ifade eder. Fiziksel uygunluk, kas gücü, dayanıklılık ve çevikliğin sporcuların hareket hızını olumlu yönde etkilediği uzmanlaşmış spor performansının temelini oluşturur.

Örneğin, Chaabene ve ark., (2015) üst ve alt vücut kas gücünün boksörlerin hızlı yumruk atma yeteneğini olumlu yönde etkilediğini buldu. Basketbol oyuncularını oyun boyunca performansı sürdürmek için güçlü aerobik dayanıklılığa ihtiyaç duyar (Hovsepian ve ark., 2021) ve mükemmel quadriceps kas gücü yürüyüş performansını optimize edebilir (Bourgois ve ark., 2017). Kalça ekleminin hareketliliği, tekvando sporcularının tekmeleme performansı için çok önemlidir. Ek olarak, Pan ve ark., (2023) araştırması, tek elle bot rekabet performansının sporcuların kas gücü, esnekliği, gücü, kas dayanıklılığı ve kardiyovasküler uygunluğundan etkilendiğini ortaya koydu (Pan ve ark., 2023).

Kas gücü, kuvvet ve dayanıklılık gibi fiziksel özelliklerin geliştirilmesi, sporcuların yarışmalarda olağanüstü performans elde etmeleri için çok önemlidir (Fernandez-Fernandez ve ark., 2016; Podrigalo ve ark., 2019).

Fiziksel uygunluk değerlendirmeleri nelerdir?

Fiziksel uygunluğun değerlendirilmesinde bilimsel olarak iki açıdan bakılması gerekir, bu bunlar genel sağlık durumunu gösterenler ve solunum dolaşım sistemini gösterenlerdir. Dolaşım ve solunum sistemleri birlikte incelenen parametredir. Bu ise egzersiz sırasında yada sonrasında organizmanın ne kadar oksijen tükettiği ile alakalıdır. Bu ise oksijen kullanabilme kapasitesini VO_{2max} olarak da ifade eder. Kondisyonel zelliklerin önemli bir parametresi olan oksijen kullanım miktarları yapılan egzersiz ve sonuçlarında artan kapillenmeler sonucu zirveye çıkar bu ise solunum ve dolaşım sisteminin egzersize cevap verme potansiyelini arttırır.

Fiziksel uygunluk açısından Aerobik uygunluğun geliştirilmesi, yalnızca sportif, sanatsal ve fiziksel performansın arttırılması anlamına gelmemektedir. Çünkü bu durum, aynı zamanda oyuncunun ya da sporcunun psikolojik ve zihinsel performansının artması yolunda da kaynaklık etmektedir (Dündar, 2024).

Fiziksel uygunluk özelliklerinden olan dayanıklılık özelliğinin aerobik ve/veya anaerobik çeşitliliğine bakılmaksızın geliştirilmeye çalışılan özellik, aslında yapılabilen birçok uygulama biçimi ilede geliştirilebilmektedir. Dayanıklılık özelliğinde yorgunluk parametresinin geç oluşumu için solunum sisteminde O_2 alınması, taşınması, kullanılması gibi etken faktörlerin st düzeye çıkarılması gerekmektedir. Bu sistemin gelişmişliği başarının temel faktörlerindendir (Tetik, 2019).

Dayanıklılık zerine yapılan çalışmalara baktığımızda, Sporcularda başarı düzeylerinin göstergesi olarak zamana oranla hız düzeylerinin arttırılabilmesi için maksimum oksijen alımı (VO_{2max}), koşu ekonomisi, laktat/ventilasyon eşiği, kritik g, oksijen alımı kinetiğinin geliştirilmesi gerekmektedir. Sporcularda derin solunum yapma zamanının kısıtlı olmaması nedeni ile hacimsel olarak akciğer solunumu yapmanın sportif verim açısından daha yararlı olacağı bildirilmiştir (Dündar, 2019).

VO_{2max} değerlerinin arttırılması için yapılan çalışmaların yüksek şiddette interval antrenmanlardan oluşması gerektiği bilinmektedir (Dündar, 2022)

Hb konsantrasyonundaki azalma plazma volüm artışı ile birlikte olursa VO_{2max} değişmemektedir. VO_{2max} 'ın değişmemesi, muhtemelen azalan arteriyal O_2 muhtevasını kalp dakika volümü artışının kompanze etmesiyle sağlanmaktadır. Bu durum, VO_{2max} 'ı belirleyen Hb konsantrasyonundan çok, total Hb miktarı olduğunu göstermektedir (Kanstrup ve Ekblom, 1984; Dündar, ve ark., 2019; Dündar, ve ark., 2017).

Yine yapılan interval dayanıklılık antrenman sonuçlarında plazma inflamatuvar ve immün yanıt belirteçlerinin egzersiz dozuna bağlı bir şekilde arttığı

bildirilmiştir (Reihmane ve ark., 2012), PLT ve MPV arasındaki anlamlı ilişkinin, düşük MPV'nin yeni üretilen trombosit eksikliğini gösterdiği ve bu ilişkinin doğru orantılı olduğu düşünüldüğü bildirilmiştir (Gönülateş ve ark., 2017).

Fiziksel uygunluk açısından yapılan dayanıklılık antrenmanları sonucunda TSH hormonlarının Alçak rakımda yapılan bir çalışmada, TSH, sabah 2.23'den akşam 2.55'e çıkarken; FT4 sabah 1.05'den akşam 1.02' ye düştüğü bildirilmiştir (Tetik ve ark., 2018).

Dayanıklılık antrenmanlarının ne derece zorlu olduğu düşünüldüğünde günlük yaşamda kullandığımız nefes alıp verme biçimlerinin yeterli olmayacağı bilinmelidir. Daha kontrollü bir nefes kullanıp, solunumu bilinçli bir şekilde geliştirmek gerekmektedir (Dündar, 2021).

Sporla ilgilenen ya da profesyonel anlamda sporcu olan bireylerin söz konusu verimliliklerini en üst düzeye taşıyabilmeleri için yapılması gereken antrenmanlar vardır. Bu antrenmanlar belirli periyodlarla ve düzenli bir biçimde gerçekleştirilmeli ve alınabilecek maksimum seviyede aerobik kapasiteye ilişkin verim alınabilmelidir. Ancak bu yolla sporcu, en üst seviyede bir performans sergilediğinde nefesle ilgili sorun yaşamayacak ya da yeterli kapasiteye sahip olduğu için performansını en üst düzeyde ve sağlıklı bir biçimde tamamlama şansı bulabilecektir (Dündar, 2024).

Dayanıklılık geliştirmede bir yöntem olarak kullanılan hipoksi, daha az oksijenli ortam maruziyeti, yetersiz oksijen inspire edilmesi ya da fizyolojik olarak organizmanın olağan sistemini devam ettirebileceği oksijenli ortamın daha altında bir seviyede çalışmaya devam etmesi olarak tanımlanabilir (Tetik Dündar, 2020).

Organ, doku ve hücrelerin O₂ az olduğu yüksek rakımlarda yaşamlarını sürdürebilmek için hücreler, anjiogenezi (yeni damarların oluşumu), glikoz metabolizmasını, hücre proliferasyon ve sağ kalımını kontrol eden bir dizi genin transkripsiyonuna (gen okuması) ihtiyaç duyar. Bu hücreler tarafından hipoksik koşullarda sentezlenen ve bir transkripsiyon faktörü olan hipoksi ile indüklenen faktör (HIF) oluşumu gerçekleşir. HIF proteini türlerinden olan HIF-1, hücrelere O₂ veren veya hücrelerin O₂ yoksunluğundan kurtulmasına aracılık eden transkripsiyon faktördür (Wang ve ark., 1995).

Kuzucu ve ark., (2023) yılında yaptıkları çalışmada, İrtifaya çıkılmasından itibaren 2 saat sonra düşük bir seyirde de olsa kademeli yükseliş göstermesi beklenen EPO'nun en yüksek düzeyi 24 saat sonra yapılan son testte görüldü. Bu da hem irtifaya hem de egzersize verilen geç yanıtın daha olumlu olduğunu düşündürdü. Aynı zamanda HGB kütlesinde, WBC sayısında ve HTC değerindeki seyir ile ilişkilendirildi. Genel olarak, seçilmiş kan hücreleri, HIF-1 α ve EPO'nun saatlere göre değişimi incelendiğinde; aklimatizasyon kaynaklı

yüksek ön test sonuçları, egzersizden 2 saat sonra düşüş, 24 saat sonra ise tekrar yükseliş olduğunu bildirmişlerdir.

Antrenmanda yapılan mesafelere orantılı olarak da kandaki oksijen taşıma oranının ilişkili olduğu ve taşıma kapasitesini artış şeklinde etkilediği düşünülmektedir (Tetik ve Dündar, 2018).

Sağlıklı yaşlı yetişkinlerde, hem aerobik hem de güç egzersizleri, yönetici işlev, engelleyici kontrol ve epizodik bellek (Liu-Ambrose ve ark., 2008; Sanders ve ark., 2019) gibi bilişsel işlevlerde ve kas gücü, denge, işlevsel erişim, hareketlilik ve dayanıklılık (Forte ve ark., 2013; Granacher ve ark., 2009; Tsuzuku ve ark., 2018) gibi fiziksel işlevlerde iyileştirmelerle ilişkilidir.

Ne yazık ki, egzersizin bu bilişsel ve fiziksel işlevler üzerindeki etkileri engellilerde tutarsız olmuştur (Sanders ve ark., 2019; Eggermont ve ark., 2009; Lamb ve ark., 2018). Engellilerde, birleşik aerobik ve güç egzersizi, yalnızca aerobik antrenmandan bilişsel ve fiziksel faydalar açısından daha etkili görünmektedir (Bossers ve ark., 2015).

Egzersizin nöroprotektif etkileri, egzersizle indüklenen beyin kaynaklı nörotrofik faktör (BDNF), insülin benzeri büyüme faktörü tip I (IGF-1), vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF) ve homosistein (Vincent ve ark., 2003; Vanzella ve ark., 2017) artışları aracılığıyla sağlanabilir ve böylece hafıza ve yönetici işlev için önemli olan beyin bölgelerinde, örneğin frontal ve temporal loblar ve hipokampüste yapısal ve bağlantısal değişiklikler teşvik edilebilir (Voss ve ark., 2013; Duzel ve ark., 2016).

PGC-1 α ekspresyonunun ve mitokondriyal biyogenezinde artırıldığı dayanıklılık antrenmanları sırasında iskelet kasında da ortaya çıkabilir. Dayanıklılık antrenmanı, yükseltilmiş PGC-1 α ekspresyonu tarafından yönlendirilen iskelet kas liflerinde mitokondriyal biyogenezi destekler (Goh ve ark., 2019; Baar ve ark., 2002; Irrcher ve ark., 2003; Pilegaard ve ark., 2003; Tetik Dündar, 2022b).

Hematolojik olarak gösterilen hipoksiye bağlı eritrositlerdeki 2-3 difosfogliserat (2-3 DPG) artışıdır (Robergs ve Roberts, 1997). Böylece Oksihemoglobin (HGB-O₂) ayrışım eğrisi sağa doğru kayar ve dokuların O₂ alım düzeyi artar. Bu yüksek irtifaya önemli bir adaptasyondur. Orta seviyelerden daha yüksek irtifalarda CaO₂ (Kalsiyum Peroksit) değerindeki düşme O₂'in dokulara olan etkin difüzyonunu azaltır. 2-3 DPG artışına rağmen arterio venöz oksijen farkındaki (a-vO₂) azalma sabit bir oksijen tüketimini (VO₂) sürdürmek için kalp atım hızının (HR) artmasına yol açar (Tetik Dündar, 2022a).

Egzersizin engelli bireyler için bir tedavi yöntemi olduğuna dair kesin bir kanıt yoktur. Egzersiz programlarını optimize etmek için biliş ve fiziksel işlev

arasındaki ilişkiyi düzenleyen değişkenlerin belirlenmesi gerekir (Leckie ve ark., 2012). Birkaç olası düzenleyici belirlenmiştir.

Örneğin, Alzheimer hastalığı (AD) için bir risk faktörü olan apolipoprotein-E4 (ApoE4) alelinin varlığı (Corder ve ark., 1993), egzersiz etkilerinin büyüklüğünü düzenleyebilir. ApoE4 taşıyıcılarında nöronal ve fizyolojik hasarın birikmesi fiziksel aktivitenin faydalı etkilerini ortadan kaldırabilir (Podewils ve ark., 2005; Fenesi ve ark., 2017).

Tersine, ApoE4 taşıyıcıları egzersize daha duyarlı olabilir (Smith ve ark., 2016), belki de başlangıçtaki daha düşük işlevsel seviyeler (Farlow ve ark., 2004; Mou ve ark., 2015) iyileştirme için daha fazla alan bıraktığı için. ApoE4 taşıyıcılığına ek olarak, egzersiz yoğunluğu egzersiz etkilerinin büyüklüğünü belirleyebilir.

Egzersizle belirtilen nörobiyolojik faktörlerdeki değişiklikler, kemirgenler (Neeper ve ark., 1996; Dalise ve ark., 2017) ve insanlar (Cassilhas ve ark., 2007; Schwarz ve ark., 1996; Rojas Vega ve ark., 2010) üzerinde yapılan çalışmalarla kanıtlandığı gibi doza bağlı olabilir. Dahası, sağlıklı genç ve yaşlı yetişkinlerde kardiyovasküler, kas ve nöromotor faydaları için daha düşük yoğunluklara göre orta ila şiddetli yoğunluklarda egzersiz yapılması önerilir (Garber ve ark., 2011). Bunun bilişsel işlevler için de geçerli olup olmadığı belirsizdir (Sanders ve ark., 2019).

Düşük-orta irtifada yapılan aerobik güç testi ile ilgili çalışmada; miyostatin seviyesi değişmemiş, ancak PGC-1 α ve Klotho seviyeleri artmıştır. Sonuçlara göre miyostatin aerobik egzersizlerde oksidatif metabolizmanın destekleyicisi ve dengeleyicisi olabilir. Egzersizle birlikte PGC-1 α iskelet kasında hızla uyarılabilir. Mitokondriyal biyogenez ve egzersize hızlı adaptasyon üzerinde önemli etkileri olabilir. Klotho egzersizle hızla uyarılabilir, bunun sonucunda hücre çoğalması ve inflamatuvar etkiler ortaya çıkabilir. Hem akut hem de kronik egzersizlerle yaşlanma karşıtı etkisiyle senesans fenotiplerini geciktirebilir, böylece yaşam süresini uzatabilir. Klotho, insanları egzersiz yapmaya teşvik etmek için gerçek bir gerektir (Tetik Dünder ve ark., 2023).

Fiziksel olarak bulunulan yerim rakım seviyesine bakılmaksızın antrenmanlar uygulanmalıdır. Antrenmanlı hayvanların (normoksi ve hipoksi) maksimum aerobik hızlarını önemli ölçüde arttığı görülmüştür (Tetik Dünder, 2024).

Dayanıklılık yetisinin ortaya konmasında en önemli faktörlerden biride mental güçlülüktür. Dayanıklılık yetisi yorgunluğa karşı koyabilme olarak tanımlansa da bu yorgunluğun kişilerde oluşturduğu etkiler her zaman farklılık göstermektedir. Kimi sporcuda laktat dayanıklılığının yüksek olması kimi sporcuda ağrı eşliğinin yüksek olması ve benzeri sebeplerden dolayı dayanıklılık

sporcusunda oluşan yorgunluğun ortaya çıkardığı mental dayanıklılık çok önemlidir.

Bu konuların en önemli noktalarından biri egzersiz programlarında dikkate alınması gereken en önemli noktalardan biri yapılacak programın hangi ilke ve prensipler üzerine kurulacağıdır. Egzersiz programının içinde egzersizin kapsam ve şiddeti arttırılmalıdır. Uyuma göre yaptırılan bu artırım ilerdeki gelişmelerin temeli olacaktır. Bu programın ve program sonucunda gelecek olan ilerlemenin düzeyi o denli önemlidir ki, plansız bir ilerlemenin yol açacağı sakatlıkları ve problemleri de önlemeye yönelik olacaktır (Gönülateş ve Dündar, 2019).

Kaynakça

- Ahn, S.J.G., Fox, J. (2017). Immersive virtual environments, avatars, and agents for health. In *Encyclopedia of Health and Risk Message Design and Processing*; Oxford University: Oxford, UK.
- Baar, K., Wende, A.R., ve Jones, T.E. (2002). Adaptations of skeletal muscle to exercise: rapid increase in the transcriptional coactivator pgc-1. *FASEB J*, 16 (14), 1879-86.
- Bacon, A.P., Carter, R.E., Ogle, E.A., et al. (2013). VO_{2max} trainability and high intensity interval training in humans: a meta-analysis. *PLoS One*. 8(9):e73182.
- Bauman, A.E., Reis, R.S., Sallis, J.F., Wells, J.C., Loos, R.J., Martin, B.W. (2012). Correlates of physical activity: Why are some people physically active and others not? *Lancet* 380, 258–271.
- Bossers, W.J., van der Woude, L.H., Boersma, F., Hortobagyi, T., Scherder, E.J., van Heuvelen, M.J. (2015). A 9-week aerobic and strength training program improves cognitive and motor function in patients with dementia: a randomized. *Controlled Trial Am J Geriatr Psychiatry*. 23(11):1106–16.
- Bourgois, J.G., Dumortier, J., Callewaert, M., Celie, B., et al. (2017). Tribute to Dr Jacques Rogge: muscle activity and fatigue during hiking in Olympic dinghy sailing. *European Journal of Sport Science*. 17(5):611–20.
- Bull, F.C., Al-Ansari, S.S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M.P., Cardon, G., Willumsen, J.F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br. J. Sports Med.* 54, 1451–1462.
- Cassilhas RC, Viana VA, Grassmann V, Santos RT, et al. (2007). The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Med Sci Sports Exerc.* 39(8):1401–7.
- Chaabene, H., Tabben, M., Mkaouer, B., Franchini, E., et al. (2015). Amateur boxing: physical and physiological attributes. *Sports medicine*. 45:337–52.
- Corder, E.H., Saunders, A.M., Strittmatter, W.J., Schmechel, D.E., et al. (1993). Gene dose of apolipoprotein E type 4 allele and the risk of Alzheimer's disease in late onset families. *Science*. 261(5123):921–3.
- Dalise, S., Cavalli, L., Ghuman, H., Wahlberg, B., et al. (2017). Biological effects of dosing aerobic exercise and neuromuscular electrical stimulation in rats. *Sci Rep*. 7(1):10830 -017-11260-7.
- Daussin, F.N., Zoll, J., Dufour, S.P., et al. (2008). Effect of interval versus continuous training on cardiorespiratory and mitochondrial functions:

- relationship to aerobic performance improvements in sedentary subjects. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 295(1):R264–72.
- Duzel, E., van Praag, H., Sendtner, M. (2016). Can physical exercise in old age improve memory and hippocampal function? *BRAIN* }MAR 1};139}(3}):662–673}.
- Dündar, K. (2019). Diyafram solunumu ile akciğer solunumu kullanımının özellikleri. *Herkes İçin Spor ve Wellness Araştırmaları 2*, Akademisyen Kitabevi. Ankara, 39-46.
- Dündar, K. (2020). COVID-19 Sürecinde Oyunculuk Bölümü Öğrencilerinin Fiziksel Aktivite Alışkanlıklarının İncelenmesi, *Spor Bilimlerine Genel Bakış*. Akademisyen Kitabevi, sf:1-10.
- Dündar, K. (2021). *Ses ve Nefesle Karakter Yaratmak*. Akademisyen Kitabevi, sf:19-21.
- Dündar, K. (2022).Oyunculuk eğitiminde Tabata Protokolünün uygulanması. *Spor Bilimleri IV*. Akademisyen Kitabevi, 1-14.
- Dündar, K. (2024). *Oyuncular ve Sporcularda Fiziksel Uygunluk*, Duvar yayınları. İzmir, 99-118.
- Dündar, K. (2024). *Sanatçılarda ve Sporcularda Aerobik Kapasitenin Önemi*, Duvar yayınları. İzmir, 99-118.
- Dündar, U., Gönülateş, S., Tetik, S., Yaan, T., Dündar, K. (2017). Analazing the effects of platelet on the durability training. *The Online Journal of Recreation and Sports*, 6(4), 101-112.
- Dündar, U., Tetik, S., Dündar, K., Gönülateş, S. Yaan, T. (2019). “Dayanıklılık Antrenmanları Sonucu Plazma Hacim Değişiklikleri ve Performans İlişkisi”, *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(Ek Sayı 1): 1383-1390.
- Eggermont, L.H.P., Swaab, D.F., Hol, E.M., Scherder, E.J.A. (2009). Walking the line: a randomised trial on the effects of a short term walking programme on cognition in dementia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 80(7): 802–4.
- Entertainment Software Association. (2011). *Essential Facts About the Computer and Video Game Industry*. 2011. Available online: https://etcjournal.com/wp-content/uploads/2011/11/esa_ef_2011.pdf?utm_source=chatgpt.com (accessed on 21 March 2025).
- Farlow, M.R., He, Y., Tekin, S., Xu, J., Lane, R., Charles, H.C. (2004). Impact of APOE in mild cognitive impairment. *Neurology.* 63(10):1898–901.
- Fenesi, B., Fang, H., Kovacevic, A., Oremus, M., Raina, P., Heisz, J.J. (2017). Physical exercise moderates the relationship of apolipoprotein E (APOE)

- genotype and dementia risk: a population-based study. *J Alzheimers Dis.* 56(1):297–303.
- Fernandez-Fernandez, J., De Villarreal, E.S., Sanz-Rivas, D., Moya, M. (2016). The effects of 8-week plyometric training on physical performance in young tennis players. *Pediatric exercise science.* 28(1):77–86.
- Forte, R., Boreham, C.A., Leite, J.C., De Vito, G., et al. (2013). Enhancing cognitive functioning in the elderly: multicomponent vs resistance training. *Clin Interv Aging.* 8:19–27.
- Garber, C.E., Blissmer, B., Deschenes, M.R., Franklin, B.A., et al. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 43(7):1334–59.
- García-Bravo, S., Cuesta-Gómez, A., Campuzano-Ruiz, R., López-Navas, M.J., Domínguez-Paniagua, J., Araújo-Narváez, A., Cano-de-la-Cuerda, R. (2021). Virtual reality and video games in cardiac rehabilitation programs. A systematic review. *Disabil. Rehabil.* 43, 448–457.
- Gist, N.H., Fedewa, M.V., Dishman, R.K., et al. (2014). Sprint interval training effects on aerobic capacity: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 44(2):269–79.
- Goh, Q., Song, T., ve Petrany, M. J. (2019). Myonuclear accretion is a determinant of exercise-induced remodeling in skeletal muscle. *eLife*, 8, E44876.
- Gonçalves, R., Pedrozo, A.L., Coutinho, E.S.F., Figueira, I., Ventura, P. (2012). Efficacy of virtual reality exposure therapy in the treatment of PTSD: A systematic review. *PLoS ONE* 7, e48469.
- Gönülates, S., Tetik, S., DüNDAR, U., Yaan, T., DüNDAR, K. (2017). Analizing The Before And After Effects Of Endurance Training On ACTH Hormone. *International Journal of Science Culture and Sport*, 5(4), 340- 346.
- Gönülates, S., DüNDAR, K. (2019). Egzersiz ve Planlanması, Herkes İçin Spor ve Wellness Araştırmaları, 2, Ankara, Akademisyen Kitabevi A.Ş. 31-38.
- Granacher, U., Gruber, M., Gollhofer, A. (2009). Resistance training and neuromuscular performance in seniors. *Int J Sports Med.* 30(9):652–7.
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., et al. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO_{2max} more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc.* 39(4):665.
- Ho, F.K.W., Louie, L.H.T., Chow, C.B., Wong, W.H.S., Ip, P. (2015). Physical activity improves mental health through resilience in Hong Kong Chinese adolescents. *BMC Pediatrics* 15, 48.

- Ho, F.K.W., Louie, L.H.T., Wong, W.H., Chan, K.L., et al. (2017). AA sports-based youth development program, teen mental health, and physical fitness: An RCT. *Pediatrics*, 140, e20171543.
- Hottenrott, K., Ludyga, S., Schulze, S. (2012). Effects of high intensity training and continuous endurance training on aerobic capacity and body composition in recreationally active runners. *J Sports Sci Med*. 11:483–8.
- Hovsepiyan, A., Esfarjani, F., Bambaiechi, E., Zolaktaf, V. (2021). The effect of high intensity functional training on the oxidative status, muscle damage and performance of basketball players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 61(2):188–98.
- Irrcher, I., Adhihetty, P.J. ve Joseph, A.M. (2003). Regulation of mitochondrial biogenesis in muscle by endurance exercise. *Sports Medicine*, 33 (11), 783–793.
- Kanstrup, I.L., Ekblom, B. (1984). Blood volume and hemoglobin concentration as determinants of maximal aerobic power. *Medicine and science in sports and exercise*, 16(3), 256–262.
- Kessler, H.S., Sisson, S.B., Short, K.R. (2012). The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. *Sports Med*. 42(6):489–509.
- Kim, J., Son, J., Ko, N., Yoon, B. (2013). Unsupervised virtual reality-based exercise program improves hip muscle strength and balance control in older adults: A pilot study. *Arch. Phys. Med. Rehabil*. 94, 937–943.
- Kolbe, L., Jaywant, A., Gupta, A., Vanderlind, W.M., Jabbour, G. (2021). Use of virtual reality in the inpatient rehabilitation of COVID-19 patients. *Gen. Hosp. Psychiatry* 71, 76–81.
- Kuzucu, M., Tetik Dünder, S., Özdal, M. (2023). Düşük-Orta İrtifaya Aklimatize Sporcularda Egzersiz Öncesi ve Sonrası HIF-1 α ve EPO Düzeylerinin Karşılaştırılması. *Mediterranean Journal of Sports Science*, Cilt 6, Özel Sayı 1
- Lamb, S.E., Sheehan, B., Atherton, N., Nichols, V., et al. (2018). Dementia and physical activity (DAPA) trial of moderate to high intensity exercise training for people with dementia: randomised controlled trial. *BMJ*. 361:k1675.
- Lammfromm, R., Gopher, D. (2011). Transfer of skill from a virtual reality trainer to real juggling. *BIOWeb Conf*. 1, 00054.
- Laursen, P.B., Jenkins, D.G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med*. 32(1):53–73.

- Leckie, R.L., Weinstein, A.M., Hodzic, J.C., Erickson, K.I. (2012). Potential moderators of physical activity on brain health. *J Aging Res.* :948981.
- Lee, D., Artero, E.G., Sui, X., et al. (2010). Review: mortality trends in the general population: the importance of cardiorespiratory fitness. *J Psychopharmacol (Oxf)*. 24(4):27–35.
- Lee, D., Sui, X., Artero, E.G., et al. (2011). Long-term effects of changes in cardiorespiratory fitness and body mass index on all-cause and cardiovascular disease mortality in men: the aerobics center longitudinal study. *Circulation*.124(23):2483–90.
- Lee, I.M., Shiroma, E.J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S.N., Katzmarzyk, P.T. (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*, 380, 219–229.
- Liu-Ambrose, T., Donaldson, M.G., Ahamed, Y., Graf, P., et al. (2008). Otago home-based strength and balance retraining improves executive functioning in older fallers: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc*. 56(10):1821–30.
- Mokmin, N.A.M., Jamiat, N. (2021). The effectiveness of a virtual fitness trainer app in motivating and engaging students for fitness activity by applying motor learning theory. *Educ. Inf. Technol.* 26, 1847–1864.
- Mou, C., Han, T., Wang, M., Jiang, M., Liu, B., Hu, J. (2015). Correlation of polymorphism of APOE and LRP genes to cognitive impairment and behavioral and psychological symptoms of dementia in Alzheimer's disease and vascular dementia. *Int J Clin Exp Med*. 8(11):21679–83.
- Myers, J., Prakash, M., Froelicher, V., et al. (2002). Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*. 346(11):793–801.
- Neeper, S.A., Gomez-Pinilla, F., Choi, J., Cotman, C.W. (1996). Physical activity increases mRNA for brain-derived neurotrophic factor and nerve growth factor in rat brain. *Brain Res*. 726(1–2):49–56.
- Nitkiewicz, S., Zaremba, A., Tytuła, J. (2023). The analysis of the possibilities of using a virtual reality system in fitness training. *Tech. Sci*. 26, 97–110.
- Oja, P., Titze, S., Bauman, A., et al. (2011). Health benefits of cycling: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports*. 21(4):496–509.
- Pan, D., Zhong, B., Guo, W., Xu, Y. (2023). Physical fitness characteristics and performance in single-handed dinghy and 470 classes sailors. *Journal of Exercise Science & Fitness* [Internet]. cited 2023 20]; 20(1):9–15.

- Peng, W., Crouse, J.C., Lin, J.H. (2013a). A meta-analysis of the effectiveness of digital games in increasing physical activity. *Cyberpsychol. Behav. Soc. Netw.* 16, 515–522.
- Peng, W., Crouse, J.C., Lin, J.H. (2013b). Using active video games for physical activity promotion: A systematic review of the current state of research. *Health Educ. Behav.* 40, 171–192.
- Pilegaard, H., Saltin, B., ve Neufer, D.P. (2003). Exercise induces transient transcriptional activation of the *pgc.1* gene in human skeletal muscle. *Journal of Physiology*, 546 (3), 851–858.
- Plante, T.G., Aldridge, A., Bogden, R., Hanelin, C. (2003b). Might virtual reality promote the mood benefits of exercise? *Comp. Hum. Behav.* 19, 495–509.
- Plante, T.G., Aldridge, A., Su, D., Bogdan, R., Belo, M., Kahn, K. (2003a). Does virtual reality enhance the management of stress when paired with exercise? An exploratory study. *Int. J. Stress Manag.* 10, 203–216.
- Podewils, L.J., Guallar, E., Kuller, L.H., Fried, L.P., et al. (2005). Physical activity, APOE genotype, and dementia risk: findings from the Cardiovascular Health Cognition Study. *Am J Epidemiol.* 161(7):639–51.
- Podrigalo, L., Iermakov, S., Romanenko, V., Rovnaya, O., et al. (2019). Psychophysiological features of athletes practicing different styles of martial arts-the comparative analysis. *International Journal of Applied Exercise Physiology.* 8(1):84–91.
- Rojas Vega, S., Knicker, A., Hollmann, W., Bloch, W., Struder, H.K. (2010). Effect of resistance exercise on serum levels of growth factors in humans. *Horm Metab Res.* 42(13):982–6.
- Rutkowski, S., Kiper, P., Cacciante, L., Cieslik, B., Mazurek, J., Turolla, A., Szczepanska-Gieracha, J. (2020a). Use of virtual reality-based training in different fields of rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *J. Rehabil. Med.* 52, 1–16.
- Rutkowski, S., Rutkowska, A., Kiper, P., Jastrzebski, D., Rachenik, H., Turolla, A., Szczepielniak, J., Casaburi, R. (2020b). Virtual Reality Rehabilitation in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Randomized Controlled Trial. *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 15, 117–124.
- Salmon, J., Owen, N., Crawford, D., Bauman, A., Sallis, J.F. (2003). Physical activity and sedentary behavior: A population-based study of barriers, enjoyment, and preference. *Health Psychol.* 22, 178–188.
- Sanders, L.M.J., Hortobagyi, T., la Bastide-van Gemert, S., van der Zee, E.A., van Heuvelen, M.J.G. (2019). Dose-response relationship between exercise and cognitive function in older adults with and without cognitive

- impairment: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 14(1):e0210036.
- Schwarz, A.J., Brasel, J.A., Hintz, R.L., Mohan, S., Cooper, D.M. (1996). Acute effect of brief low- and high-intensity exercise on circulating insulin-like growth factor (IGF) I, II, and IGF-binding protein-3 and its proteolysis in young healthy men. *J Clin Endocrinol Metab*. 81(10):3492–7.
- Seo, E., Kim, Y., Lee, Y., Hur, M. (2023). Virtual reality exercise program effects on body mass index, depression, exercise fun and exercise immersion in overweight middle-aged women: A randomized controlled trial. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 20, 900.
- Sloth, M., Sloth, D., Overgaard, K., et al. (2013). Effects of sprint interval training on VO_{2max} and aerobic exercise performance: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports*. 23(6):e341–52.
- Smith, J.C., Lancaster, M.A., Nielson, K.A., Woodard, J.L., et al. (2016). Interactive effects of physical activity and APOE-epsilon4 on white matter tract diffusivity in healthy elders. *Neuroimage*. 131:102–12.
- Tetik Dündar, S. (2020). Hipoksik koşullar ve hipoksi ile indüklenen faktörün (HIF) tanımlaması. *Spor Bilimlerine Genel Bakış, Akademisyen Kitabevi*. Ankara, 35-46.
- Tetik Dündar, S. (2022a). Hipoksik ortamda egzersize bağlı fizyolojik yanıtlar. *Spor Bilimlerine Genel Bakış, Akademisyen Kitabevi*. Ankara, 177-186.
- Tetik Dündar, S. (2022b). PGC-1. 'nın Egzersize Bağlı Biyokimyasal Yanıtları. *Spor Bilimlerine Genel Bakış, Akademisyen Kitabevi*. Ankara, 169-176.
- Tetik, S. (2019). İnterval antrenman türevlerinin (HIT-HIIT-SIT) aerobik dayanıklılık fizyolojisi üzerine etkisi. *Herkes İçin Spor ve Wellness Araştırmaları-2*, Ankara, 47-58.
- Tetik, S., Dündar, U. (2018). Analysis of the Correlation Between Endurance Trainings and some Hematological Values. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche* April; 177 (4): 117-25.
- Tetik, S., Dündar, U., Gönülateş, S., Yaan, T., Dündar, K. (2018). The Effects Of Morning And Evening Endurance Training On TSH And FT4 Hormones. *The Online Journal of Recreation and Sport – January, Volume 7, Issue 1*.
- Tetik Dündar, S., Kuzucu, M., Varol, S.R. (2023). Effect of the aerobic power test performed at low-medium altitude on the myostatin, pgc-1 alpha and klotho levels. *Gazzetta Medica italiana - archivio per le Scienze Mediche*, June; 182(6):342–51.
- Tetik Dündar, S. (2024). Hipoksik ve Normoksik Koşullarda Yaşayan Sporcuların Hematolojik Çıktıları. *Spor Bilimleri Alanında Gelişmeler*. Platanus Publishing, 99-114.

- Tirp, J., Steingrover, C., Wattie, N., Baker, J., Schorer, J. (2015). Virtual realities as optimal learning environments in sport—A transfer study of virtual and real dart throwing. *Psychol. Test Assess. Model* 57, 57–69.
- Touloudi, E., Hassandra, M., Galanis, E., Goudas, M., Theodorakis, Y. (2022). Applicability of an immersive virtual reality exercise training system for office workers during working hours. *Sports*, 10, 104.
- Trapp, E., Chisholm, D., Freund, J., et al. (2008). The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *Int J Obes.* 32(4):684–91.
- Tremblay, A., Simoneau, J.A., Bouchard, C. (1994). Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. *Metabolism.* 43(7):814–8.
- Tsuzuku, S., Kajioka, T., Sakakibara, H., Shimaoka, K. (2018). Slow movement resistance training using body weight improves muscle mass in the elderly: a randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports.* 28(4):1339–44.
- Vanzella, C., Neves, J.D., Vizuete, A.F., Aristimunha, D., et al. (2017). Treadmill running prevents age-related memory deficit and alters neurotrophic factors and oxidative damage in the hippocampus of Wistar rats. *Behav Brain Res.* 334:78–85.
- Vincent, K.R., Braith, R.W., Bottiglieri, T., Vincent, H.K., Lowenthal, D.T. (2003). Homocysteine and lipoprotein levels following resistance training in older adults. *Prev Cardiol.* 6(4):197–203.
- Voss, M.W., Erickson, K.I., Prakash, R.S., Chaddock, L., et al. (2013). Neurobiological markers of exercise-related brain plasticity in older adults. *Brain Behav Immun.* 28:90–9.
- Wang, G.L., Jiang, B.H., Rue, E.A., ve Semenza, G.L. (1995). Hypoxia-inducible factor 1 is a basic-helix-loop-helix-PAS heterodimer regulated by cellular O₂ tension. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 92 (12):5510-5514.
- Wang, L.T. (2023). Effectiveness of virtual reality exercise for functional fitness in community-dwelling older adults: A 12-week follow-up study. *SAGE Open*, 13, 21582440231218515.
- Warburton, D.E., Nicol, C.W., Bredin, S.S. (2006). Health benefits of physical activity: The evidence. *Can. Med. Assoc. J.* 174, 801–809.
- Weston, K.S., Wisløff, U., Coombes, J.S. (2014a). High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 48(16):1227–34.

- Weston, M., Taylor, K.L., Batterham, A.M., et al. (2014b). Effects of low volume high-intensity interval training (hit) on fitness in adults: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports Med.* 44(7):1005–17.
- Whyte, L.J., Gill, J.M., Cathcart, A.J. (2012). Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/ obese men. *Metabolism.* 59(10):1421–8.
- Wisløff, U., Ellingsen, Ø., Kemi, O.J. (2009). High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? *Exerc Sport Sci Rev.* 37(3):139–46.
- Zaal, F.T.J.M., Bootsma, R.J. (2011). Virtual reality as a tool for the study of perception-action: The case of running to catch fly balls. *Presence* 20, 93–103.
- Zeng, N., Pope, Z., Gao, Z. (2017a). Acute effect of virtual reality exercise bike games on college students' physiological and psychological outcomes. *Cyberpsychol. Behav. Soc. Netw.* 20, 453–457.
- Zeng, N., Pope, Z., Gao, Z. (2017b). Virtual reality exercise for health: A literature review. *Comp. Hum. Behav.* 70, 212–219.
- Zuhl, M., Kravitz, L. (2012). Hiit vs. continuous endurance training: battle of the aerobic titans. *IDEA Fit J.* 9(2):35–40.

9. Bölüm

Hormonlar ve Hipoksi Etkileşimi

Süleyman GÖNÜLATES¹

Dünya çapında, 140 milyondan fazla insan, oksijenin düşük kısmi basıncı nedeniyle hipoksik koşullarda 2.500 metrenin üzerindeki alanlarda kalıcı olarak yaşamaktadır (Moore, 2001), ve bu durum vücutta önemli değişikliklere, özellikle de kırmızı kan hücresi üretiminde artışa neden olmaktadır (Monge,1990).

Bu sürekli yüksekliğe maruz kalma, iş, spor veya turizm için farklı yüksekliklere çıkmak zorunda olan deniz seviyesinde yaşayan nüfus tarafından gözlemlenenle çelişmektedir. Hem düşük barometrik basınca maruz kalma (yüksek irtifa yerlilerinin basıncı) hem de yüksek irtifaya akut maruz kalma, kırmızı kan hücresi üretiminde artış da dahil olmak üzere çok önemli benzerliklere sahip olsa da farklı hastalıklarla farklı durumları temsil eder.

Farklılıklar arasında, yüksek irtifaya akut olarak maruz kalan bireylerin ventilasyonda ani bir artışla karakterize edildiğini (Palmer, 2010), yüksek irtifa yerlilerinin karakteristik özelliklerinin ise hipoksemi, aşırı eritrositoz ve nihayetinde kronik dağ hastalığı ile sonuçlanan hipoventilasyon olduğunu belirtebiliriz (Peñaloza ve Arias-Stella, 2007).

Amerika'da birçok büyük şehir ve başkent yüksek rakımlarda yer alır, örneğin ABD'nin Colorado eyaletindeki Leadville (3.045 m) ve Denver (1.584 m); Meksika'daki Mexico City (2.240 m) ve Toluca (2.680 m); Kosta Rika'daki San José (1.160 m); Kolombiya'daki Bogota (2.640 m); Ekvador'daki Quito (2.850 m); Bolivya'daki La Paz (3.600 m) ve Sucre (2.904 m).

Vücudun hipoksi ile karşılaştığında kullandığı farklı mekanizma türleri arasında akomodasyon, aklimatizasyon ve adaptasyon bulunur. Akomodasyon, irtifa hipoksisine akut maruziyete verilen ilk tepkidir ve artan ventilasyon ve kalp hızı ile karakterizedir. Aklimatizasyon, geçici olarak irtifaya maruz kalan ve bir dereceye kadar buna tahammül etmelerini sağlayan bireylerde meydana gelir. Bu aşamada eritropoezde artış, hemoglobin konsantrasyonunda artış ve oksijen taşıma kapasitesinde iyileşme olur. Ayrıca edinilmiş aklimatizasyon olarak da bilinir. Adaptasyon, genetik varyasyonların ve aklimatizasyonun devreye girdiği,

¹ Doç.Dr.; Pamukkale Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Rekreasyon Bölümü, sgonulates@hotmail.com ORCID: 0000-0002-1175-2393.

bireylerin doğal ve normal bir şekilde irtifada doğmasına, büyümesine ve üremesine olanak tanıyan doğal aklimatizasyon sürecidir. Adaptasyon birçok nesil gerektirir (Gonzales ve Villena, 1998).

Düşük arteriyel oksijen saturasyonu, ventilatör yetersizliği ve hipoksiye karşı azalmış ventilatör tepkisi nedeniyle oluşan aşırı eritrositoz, kronik dağ hastalığının temel belirtisidir; sağ ventrikül hipertrofisi, pulmoner hipertansiyon ve pulmoner arteriollerin yeniden şekillenmesi, irtifa kaynaklı pulmoner hipertansiyona katkıda bulunur. Genetik faktörlerin bu durumların patogeneğinde rol oynadığı görülmektedir; bu da yüksek irtifada doğup yaşayan bazı insanların bu hastalıkları geliştirirken bazılarının geliştirmediğini belirler (León-Velarde ve Mejía, 2008).

Viault'un (1890)'da Peru'nun Orta And Dağları yerlilerinde kırmızı kan hücrelerinin sayısındaki artışı ilk tanımlamasından bu yana, artan eritropoiezin irtifaya adaptif bir mekanizma olduğu hipotezi ortaya atılmıştır. Yüz yıl sonra, çeşitli yazarların verileri analiz edilmiş ve 1990'da León-Velarde (1990), tarafından doğrulanmıştır. "Yükseklikte Uyarlamalı Bir Mekanizma Olarak Polikitemi Üzerine Fikirlerin Evrimi" adlı makalesinde bu hipotezi sorguluyor ve bunun yerine normal veya aşırı eritrositozun yüksekliğe uyum için bir dezavantaj olduğunu öne sürmektedirler.

Monge ve Whittombury (1982), yüksek irtifadaki insanların maksimum oksijen taşınması için yüksek hematokrit gerektirmediğini ve aksine eritrositozun orta irtifalarda sınırlı bir adaptasyon (Monge,1990) olarak, ancak daha yüksek irtifalarda zayıf bir adaptasyon olarak değerlendirilmesi gerektiğini gösteren bir matematiksel model geliştirdiler. Winslow ve Monge (1987), yüksek irtifa yerlilerinde aşırı eritrositozun hiçbir işe yaramadığını bildirmişlerdir.

Hem yüksek irtifaya akut maruz kalmanın hem de yüksek irtifa yerlilerinin hemoglobin/hematokrit seviyelerinin yükseldiğini ve bu değerler çok yüksek olduğunda aşırı eritrositoz adı verilen ve kronik dağ hastalığına yol açan bir durumu oluşturduğunu göz önünde bulundurarak, bu aşırı eritrositozun nasıl düzenlendiğini anlamak önemlidir. Gerçekten de, yüksek irtifada eritropoietin seviyeleri artar; ancak aşırı eritrositoz vakalarında, eritropoietin seviyeleri bu fazlalığa sahip olmayan yüksek irtifa yerlilerinininkinden farklı değildir (León-Velarde ve ark.,1991; Gonzales ve ark., 2009). Eritropoieze etki eden ve ergenlik döneminde yükselmesi erkekler ve kadınlar arasındaki hemoglobin seviyelerindeki farklılıkları belirleyen başka bir hormon, testosteron (Gonzales ve ark., 2009; 13) vardır. Yüksek irtifada eritropoiezdaki düzenleyici işlevi henüz tam olarak analiz edilmemiştir.

Yüksek rakımda daha uzun süreli bir kalışlar, çeşitli kardiyovasküler ve metabolik değişiklikler telafi edilmiş bir metabolizma ve daha yüksek rakımlarda

kalıcı yerleşim durumunda yeterli doğurganlık gerektirdiği bildirilmiştir (Luks, 1985).

Bu, neredeyse tüm vücut fonksiyonlarının düzenlenmesinde merkezi bir rol oynayan endokrin sisteminin belirli bir rakımın üzerinde önemli ölçüde düzensizleşip düzensizleşmediği sorusunu gündeme getirir. Birkaç çalışma yüksek rakımda çeşitli hormon konsantrasyonlarını araştırmıştır. Ancak, çalışma grupları çoğunlukla küçüktü, erkeklerle sınırlı, yalnızca deniz seviyesinden 5000 m'ye kadar olan rakımlarda yürütülmüş ve çalışma tasarımları benzer değillerdi (Utsunomiya ve ark., 1984; Hackney ve ark., 1995; Basu ve ark., 1995; 1997; Benso ve ark., 2007; Richalet ve ark., 2010; Riedl ve ark., 2012; Woods ve ark., 2012; Nepal ve ark., 2013; He ve ark., 2015).

Olimpiyat Oyunları 1968'de Mexico City'de yüksek bir rakımda düzenlendiğinden beri, yüksek rakımlardaki hipoksik ortamların egzersiz toleransı üzerindeki etkileri bilim insanları arasında önemli ölçüde ilgi görmüştür (Bianba ve ark., 2014; Chen ve ark., 1997). Yüksek rakımlarda, düşük atmosfer basıncı nedeniyle oksijenin kısmi basıncı azalır. Bu, oksijenin kısmi alveoler basıncının, arteriyel oksijen saturasyonunun ve arteriovenöz oksijen farkının düşmesine neden olur ve bu da oksijen iletimi ve kullanım kapasitesini azaltır (Bhaumik ve ark., 2008; Brutsaert, 2008; Kobbernagel ve ark., 2013; Nam ve ark., 2011). Sonuç olarak, aynı yoğunlukta egzersiz yapmak, normoksiye kıyasla hipoksi sırasında daha zor hissedilir ve submaksimal egzersiz sırasında ventilasyon, kalp hızı, kardiyak çıktı, laktat konsantrasyonu ve oksijen tüketimi (VO_2) artar (Mazzeo ve ark., 1991) ve bununla birlikte maksimal oksijen tüketimi (VO_{2max}) ve maksimal güç çıkışı (Kobbernagel ve ark., 2013; Robergs ve ark., 1998) azalır.

Hipoksik ortamlara akut maruziyetin eritrosit zarına zarar verdiği ve eritrosit agregasyonunu artırdığı görülmektedir (Doyle ve Walker, 1990; Nam ve Sunoo, 2011). Ek olarak, yüksek irtifaya akut maruziyet, simpatoadrenal sistemi aktive eder ve bu da immünokompetan hücrelerin baskılanmasına neden olur ve bu da T hücrelerinin ve NK hücrelerinin harekete geçmesine ve sitokin üretimi ve salınımında artışa yol açar (Klokke ve ark., 1993; 1995; Pedersen ve Steensberg, 2002). Bu değişiklikler, $CD4^+$ ve T hücrelerinin sayısını azaltmanın yanı sıra T hücrelerinin aktivasyonu ve çoğalmasında bozulmalara, önemli lenfopeni ve nötrofiliye ve IL-6, IL-1 ve C-reaktif protein dahil olmak üzere enfeksiyon sitokinlerinin yukarı regülasyonuna neden olur (DeRijk ve ark., 1994; Hartmann ve ark., 2000; Soszynski ve ark., 1996).

Ayrıca, yetişkinlerle karşılaştırıldığında, ergenlik öncesi veya sonrası çocuklarda, şiddetli bir egzersiz, granülositlerdeki artışa yanıt olarak lökosit sayısında bir artışa, ayrıca lenfositler ve monositlerde bir artışa ve T hücresi

lenfosit ve NK hücresi sayılarında önemli yükselmelere neden olur (Eliakim ve ark., 1997). Bu nedenle, hipoksik ortamlara karşı bağışıklık tepkileri ergenlik döneminde abartılabilir ve kızlarda erkeklerden daha güçlü bağışıklık tepkileri olabilir (Pedersen ve Hoffman-Goetz, 2000). Ancak, birkaç çalışma, yetişkin popülasyonlarda bile akut hipoksik ortamlarda egzersize karşı bağışıklık sisteminin tepkisini araştırmıştır (Doyle ve Walker, 1990). Bu nedenle, daha fazla çocuğun yarışmak için yüksek irtifa dahil çeşitli yerlere seyahat ettiği son trend göz önüne alındığında, çocuklarda akut hipoksik ortamlarda egzersize karşı hemodinamik, hematolojik ve immünolojik tepkileri karakterize etmek için daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır.

Hipoksik Koşullar Nerede ve Ne Zaman Meydana Gelir

Genel anlamda, hipoksi bir dokunun oksijen tüketimi ile oksijenle perfüzyonu arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanır (kanda taşınır). Uyuşmazlık, ortamdaki oksijen konsantrasyonu azaldığında, solunum organlarının (akciğerler) işlevi veya kanda oksijen taşınması bazı hastalıklarda olduğu gibi bozulduğunda veya bir dokunun oksijen tüketimi, kendisine verilen oksijenden daha fazla arttığında, örneğin egzersiz yapan kaslarda olduğu gibi meydana gelebilir. Özellikle, hipoksi (biraz oksijen mevcuttur) ve anoksi (oksijenin tamamen yokluğu) farklıdır (Wenger ve Gassmann, 1996).), anoksi durumunda, oksijen sınırlamasıyla çok az ilgisi olan birçok genel stres tepkisi meydana gelir.

Ortam hipoksisi özellikle su ortamlarında meydana gelir, çünkü sudaki oksijen kapasitesi havadakinden çok daha azdır (De Angelis ve ark., 1996; Nikinmaa, 2002). Hava soluyan omurgalılarda, iki ortam genellikle hipoksik koşullarla, yüksek irtifayla ve yuvalarla ilişkilendirilir. Yüksek irtifanın solunum fizyolojisi üzerindeki etkisi çokça incelenmiştir ve hatta bir dergi (High Altitude Medicine and Biology) bu konuya ayrılmıştır.

Bir dokunun oksijenle beslendiği miktarı etkileyen önemli bir faktör eritrosit sayısıdır. Bu nedenle, doku hipoksisine neden olabilecek önemli bir faktör anemidir. Ayrıca, dolaşımdaki prekapiller sfinkterlerin açılıp kapanması oksijen taşınmasını (dokuların oksijenle perfüzyonu) etkileyecektir ve oksijen gerginliğinden etkileniyor gibi görünmektedir, bu sayede doku hipoksisinin gelişiminin kontrol edildiği bir düzeydir (Granger ve ark., 1975; Pradhan ve Chakravarthy, 2007).

Hücrel oksijen tüketimi, dokunun kanla perfüzyonunun artmasıyla karşılanabilecekten fazla artarsa, oksijen perfüzyonu/tüketimi arasında bir uyumsuzluk oluşacaktır. Bu genellikle egzersiz yapan kaslarda, örneğin, ve beyindeki hem enfarktüslerde hem de kan damarı kırılmalarında olur. Tam olarak

zıt olmalarına rağmen, kanama ve kan pıhtısı hücresel düzeyde aynı tepkiye, hipoksiye ve nihayetinde anoksiye neden olur.

Omurgalıların Hipoksi Tepkileri

Hipoksiye tepkilerde, hem oksijen tedariki hem de oksijen tüketimi tarafı etkilenebilir. Azalmış oksijene önemli bir tepki olarak, özellikle hipoksiye toleranslı organizmalar ve birçok hücre azalmış oksijen tüketimi gösterir ve bazı durumlarda yaygın laktat fermentasyonundan daha etkili olan alternatif anaerobik metabolik yollara geçer. Enerji üretimini azaltmanın bir yolu olarak, çeşitli hücre tipleri hipoksi sırasında azalmış iyon geçirgenliği gösterir. Bu nedenle, iyon gradyanlarını aktif olarak korumak için gereken enerji azalır.

Hipoksi tepkilerini ele alan çoğu çalışma sistemik hipoksi ile ilgilidir. Bireysel dokular söz konusu olduğunda, dokuya giden kan akışı, dokunun oksijen tüketimindeki artışla birlikte artabilir (Granger ve ark., 1975). Sistemik düzeyde (ayarlamalar yapılmadan, ortam oksijen miktarı, gerekli metabolizma hızını desteklemek için yetersizdir), şu dört büyük ayarlama gerçekleşir (Tablo 1).

Tablo-1. Başlıca Hipoksi Tepkiler (Arjamaa veNikinmaa2009)

Tepki	Hipoksidede İşlevsel Önem
Hiperventilasyon	Solunum yüzeylerinden (akciğerler) geçen hava miktarını artırarak birim zamanda yüzeylerle temas eden oksijen moleküllerinin sayısını artırır. Hemoglobin-oksijen afinitesinin arttığı ve oksijen yüklemesinin iyileştirildiği solunum alkalozuna yol açar.
Hemokonsantrasyon	Kan birim hacmi başına kırmızı kan hücresi sayısını artırır. Azalmış plazma hacminin (diürez veya artan kılcal geçirgenlikten kaynaklanabilir), kırmızı kan hücrelerinin depolama organlarından salınmasının veya eritropoezin sonucu olabilir. En azından kırmızı kan hücrelerinin depolama organlarından salınması, diürez ve artan kılcal geçirgenlik de natriüretik peptitler tarafından kaynaklanır.
Hemoglobin oksijen afinitesi	Hemoglobin oksijen afinitesinde artış (oksijen denge eğrisinin sola kayması) solunum yüzeylerinde oksijen yüklenmesini kolaylaştırır. Tüm omurgalılarda şiddetli hipoksi durumunda görülür. Hafif hipoksi (2-3 km yükseklik) durumunda memelilerde tanımlanan oksijen denge eğrisinin sağa doğru kayması, aynı anda oluşan solunum alkalozunun etkisini ortadan kaldıracak ve böylece canlı oksijen denge eğrisi çok az etkilenecektir.

Dolaşım düzenlemeleri	Kan, hipoksik hayatta kalma için gerekli olmayan yapılardan uzaklaştırılır. Bu nedenle, beyne, kalbe ve karaciğere kan akışı genellikle korunurken, örneğin sindirim sistemine kan akışı azalır.
Oksijen tüketimi	Hücrel oksijen (ATP) tüketimi genellikle azalır, örneğin, membran geçirgenliğinin azalmasıyla (kanal durması), Ayrıca, özellikle hipoksiye dayanıklı omurgasızlar, geleneksel laktat fermentasyonundan daha etkili alternatif anaerobik enerji üretim yolları kullanırlar.

Egzersiz, büyüme hormonu (GH) salgılanması için güçlü bir uyarıcıdır. Akut egzersize verilen GH yanıtı, daha yüksek egzersiz yoğunluklarında gözlemlenen daha fazla GH salgılanmasıyla egzersiz yoğunluğuyla ilişkilidir (Pritzlaff ve ark., 1999). Yüksek yoğunluklu egzersizle uyarılan GH salgılanmasının kesin fizyolojik rolü tam olarak açıklanmamış olsa da, egzersiz sonrası lipolizde bir artışla ilişkilendirilmiştir (Wee ve ark., 2005).

Oktreotid infüzyonu egzersizle indüklenen GH salgılanmasını engeller ve egzersiz sonrası yağ dokusu lipolizini engeller (Enevoldsen ve ark., 2007). Bu sonuçlar, yüksek yoğunluklu egzersizle indüklenen GH salınımının egzersiz sonrası iyileşme döneminde yağ dokusu lipolizini artırdığını göstermektedir. Akut şiddetli sistemik hipoksida yapılan egzersiz ayrıca GH salınımını artırır (Kon ve ark., 2010; Sutton, 1977).

Yakın zamanda, akut şiddetli hipoksi (oksijen %13) sırasında yapılan orta (Kon ve ark., 2010) ve düşük (Kon ve ark., 2012), yoğunluklu direnç egzersizinin, normoksi sırasında yapılan egzersize göre GH konsantrasyonlarında daha büyük bir artışa neden olduğunu bildirdik. Ek olarak, şiddetli hipoksik koşullar altında (deniz seviyesinden 4550 m yükseklikte; yaklaşık %12 oksijen) gerçekleştirilen submaksimal dayanıklılık (bisiklet ergometresi) egzersizi (750 kpm/dk), normoksik koşullar altında egzersiz yapıldığında olduğundan daha fazla oranda dolaşımdaki GH ve serbest yağ asitleri (FFA) seviyelerini artırır (Sutton, 1977).

Buna karşılık, orta düzeyde hipoksi (oksijenin %15'i) veya normoksi altında gerçekleştirilen düşük yoğunluklu (%30 1RM) direnç egzersizi benzer GH salgılanma seviyelerine neden olmuştur (Ho ve ark., 2014). Benzer şekilde, orta düzeyde hipoksi (oksijenin %16,5'i) veya normoksi altında gerçekleştirilen 30 dakikalık submaksimal dayanıklılık egzersizi (oksijen alımının %50'si) benzer GH ve FFA tepkilerini ortaya çıkarmıştır (Katayama ve ark., 2010). Bu sonuçlar hipoksinin şiddetinin egzersizle tetiklenen GH salgılanmasını ve yağ dokusu lipolizini ve ardından FFA mobilizasyonunu etkilediğini göstermektedir. Tüm gücüyle sprint bisiklet egzersizi, GH salınımı için güçlü bir uyarıcıdır (Kon ve ark., 2015).

Önceki çalışmalar, sprint egzersizinden sonra dolaşımdaki GH seviyelerinde belirgin bir artış olduğunu bildirmektedir (Stokes ve ark., 2005;2008). Ancak bildiğimiz kadarıyla, farklı hipoksik seviyelerin sprint egzersizi sırasında ve sonrasında dolaşımdaki GH ve FFA tepkileri üzerindeki etkisine ilişkin hiçbir veri yoktur. Sporcularda tekrarlanan sprint yeteneği performansında iyileşme, hipoksi altında sprint egzersizi antrenmanından sonra meydana gelir (Faiss ve ark., 2013).

Gerçekten de sporcular, özellikle uluslararası düzeydeki sporcular, fiziksel performanslarında daha büyük bir iyileşme elde etmek için hipoksik antrenman odalarını kullanırlar. Vücut yağında bir azalma, sporcunun fiziksel performansını daha da artırabilir. Bu nedenle, hipoksi ile sprint egzersizi sırasında ve sonrasında dolaşımdaki GH ve FFA tepkileri arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılması, sporcunun performansını iyileştirmeye yardımcı olabilir.

Kon ve ark., (2015), yaptıkları “Farklı hipoksik koşullar altında tekrarlanan bisiklet sprintlerine hormonal ve metabolik tepkiler” adlı çalışmalarının sonucunda da, Glikoz, FFA, laktat, GH ve insülinin dolaşımdaki seviyelerinin hipoksik ortamda önemli ölçüde arttığını bildirmişlerdir (Kon ve ark., 2015).

Alçak rakımda yapılan bir başka çalışmada ise sabah ve akşam saatlerinde bakılan İnsülin ve Kortizol hormonlarının akşam saatlerinde sabah saatlerine göre daha yüksek düzeyde olduğunu bildirmişlerdir (Dündar ve ark., 2018).

Tüm hücre tiplerinde ifade edilen, heterodimerik yapıya sahip HIF-1, α alt ünitesi ile Aril Hidrokarbon Reseptör Nükleer Taşıyıcısı (ARNT) β alt ünitesinden oluşan bir komplekstir. HIF-1 α alt ünitesinin stabilizasyonu, hücre içi lokalizasyonu ve transkripsiyonu oksijen seviyesinden etkilenirken; β (ARNT) alt birimi yapısal olarak ifade edilir ve oksijen seviyelerinden etkilenmemektedir (Schmid ve ark., 2004; Tetik Dündar, 2020).

Tanımlanmış 3 tip HIF proteini bulunmaktadır. Bunlar; HIF-1, HIF-2 ve HIF-3 olarak bilinmektedir. Her 3 protein de dimerik yapıya sahip ökaryotik (hücre çekirdeği bulunan) transkripsiyon faktörleridir. Proteinlerin α alt üniteleri birbirinden farklılık gösterirken (HIF-1 α , HIF-2 α ve HIF-3 α); β alt üniteleri birbirinin aynı (ARNT) yapıdadır. Dokularda hipoksiye

karşı ilk 24 saatten daha kısa bir süre içinde gelişen hızlı cevabı HIF-1 α koordine etmektedir (Koh ve Powis, 2012; Tetik Dündar, 2020).

Yüksek İrtifanın Erkek Üreme Fonksiyonu Üzerindeki Etkisi

Yüksek irtifanın hipofiz testis eksenli endokrin fonksiyonu ve testislerin ekzokrin fonksiyonu üzerinde sperm kalitesini ve doğurganlığı etkileyen ana zararlı etkileri olduğu bulunmuştur.

Nepal'deki Sherpa popülasyonunu değerlendiren erken bir araştırmada, yüksek irtifada yaşayanların düşük irtifada yaşayanlara göre daha yüksek folikül uyarıcı

hormon (FSH) ve testosteron ve daha düşük lüteinizan hormon (LH) serum konsantrasyonlarına sahip olduğu bildirilmiştir (Bangham ve Hackett, 1978).

Düşük irtifada yaşayan Sherpa erkekleri, yüksek irtifaya akut olarak maruz kaldıktan sonra FSH ve LH kan seviyelerinde artışlar ancak kan testosteron konsantrasyonlarında düşüş göstermiştir.

Yüksek irtifaya yaklaşık 10 gün maruz kaldıktan sonra, FSH seviyeleri yaklaşık %50 oranında düşmüş, LH seviyeleri tespit edilemeyecek düzeye inmiş ve testosteron düşük ve yüksek irtifa sakinleri arasında orta bir seviyeye ulaşmıştır. Benzer bir çalışmada LH ve testosteron değişiklikleriyle ilgili benzer sonuçlar açıklanmıştır ancak bunun tersine, yüksek irtifaya maruz kalma sırasında FSH seviyelerinde hiçbir değişiklik bulunmamıştır (Sawhney ve ark., 1985).

Erkek sıçanların yaklaşık 4600 m.a.s.l'ye eşdeğer yapay hipobarik hipoksiye maruz bırakılması, hipoksinin 5. gününde plazma FSH'sinde önemli bir artışa neden olmuştur ve FSH seviyeleri daha sonra azalsa da, 30 günlük deneme boyunca deniz seviyesinde kontrolden daha yüksek olma eğilimi olmuştur (Parraguez ve Gonzalez-Bulnes, 2020).

Plazma LH ve testosteron, buna karşılık, hipoksiye maruz kalmanın tüm süresi boyunca belirgin bir düşüşe uğramıştır (Fariás ve ark., 2008).

Yüksek irtifa ayrıca cinsel libidoyu, semen kalitesini ve hatta testis özelliklerini de etkiler (Okumura ve ark., 2003; Monge ve ark., 1945; Fariás ve ark., 2005).

Aslında, hipobarik hipoksiye maruz kalan erkek sıçanlarda, hipoksi indüksiyonundan sadece beş gün sonra germinal epitel yüksekliğinde önemli bir azalma ve 30. günde testis kütlesinde önemli bir azalma ancak testis vaskülarizasyonunda önemli bir artış da gözlemlenir.

Ancak, endokrin eksenindeki gibi davranış ve ejakülatlardaki bu tür etkilerin, erkeklerde hipoksiye adaptasyonla en azından kısmen üstesinden geldiği görülmektedir (Gonzales, 2007).

En güncel çalışmalar, yüksek irtifaya maruz kalan erkeklerin plazma ve seminal sıvıdaki oksidatif/antioksidan durumunda bozulmalar olduğunu ve bu etkilerin eş zamanlı olarak semen kalitesini düşürdüğünü ele almaktadır (Cofré ve ark., 2018).

Antioksidan ajanların uygulanmasının, kan ve semen oksidatif durumu ile semen kalitesi üzerinde faydalı etkileri vardır.

Yüksek Rakımın Dişi Üreme Fonksiyonu Üzerindeki Etkisi

Yüksek rakımın ayrıca endokrin örüntülerindeki ve yumurtalık fonksiyonundaki değişiklikler yoluyla dişi doğurganlığı üzerinde belirgin bir etkisi olduğu bulunmuştur.

Doğurganlık güçlü bir şekilde doğurganlık (gebe kalma kapasitesi) tarafından belirlenir, ancak yüksek rakımın doğurganlık ve özellikle yumurtalık aktivitesi

üzerindeki etkilerine ilişkin araştırmalar gerçekten azdır. İnsanlarla ilgili mevcut veriler yalnızca gözlemsel ve epidemiyolojik çalışmalara ve tükürük veya idrar içindeki steroidlerin bazı değerlendirmelerine dayanmaktadır ve adet döngüsünün süresi ve düzenliliği incelenmektedir (Vitzthum, 2001; Vitzthum ve ark., 2000).

Koyunlarda, yüksek rakımda yapılan bir seminal alışma (Parraguez ve ark., 2006), yerli koyunların %82'sinin ancak yeni gelenlerin yalnızca %32'sinin düzenli östrus ve yumurtlama yaşadığını; son olarak, yerli koyunların %48'inin ancak yeni gelenler grubundakilerin hiçbirinin gebe kalmadığını göstermiştir. Yüksek irtifaya yeni gelen koyunlarda hipobarik hipoksiye kısa süreli maruziyetten sonra bu tür daha güçlü doğurganlık başarısızlıkları, hem yumurtalık fonksiyonu üzerinde zararlı etkiyle ilişkilendirilmiştir, bu da yumurtlama öncesi foliküler gelişimi ve korpus luteum kalitesini etkileyerek, hem de hipofiz fonksiyonu üzerinde zararlı etkiyle, plazma LH bulunabilirliğini azaltarak ilişkilendirilmiştir (Parraguez ve ark., 2013; 2014).

Öte yandan, hipoksinin bu etkileri nesiller boyunca yüksek irtifaya adapte olmuş koyunlarda tespit edilmemiştir tersine, LH salgılanmasının arttığı bulunmuştur), bu da adaptif mekanizmaları düşündürmektedir. Hem kadınlarda hem de koyunlarda, yüksek irtifada, korpus luteumun daha küçük boyutuna rağmen plazma progesteron konsantrasyonlarının arttığına dikkat çekmek gerekir (Parraguez ve Gonzalez-Bulnes, 2020).

Sebepler henüz açıklığa kavuşturulmamış olsa da, bu tür artmış plazma progesteron konsantrasyonları, bir sonraki döngüde yumurtlama folikülünün nihai gelişimini ve olgunlaşmasını etkileyerek dişi doğurganlığını tehlikeye atan eş zamanlı bir neden olabilir ve bu da döllenmeye ve canlı bir embriyo haline gelmeye yetkin bir oositin yumurtlama yeteneğini tehlikeye atar (Gonzalez-Bulnes ve ark., 2005).

Her durumda, hipoksi de oosit yetkinliğini ve dolayısıyla doğurganlığı tehlikeye atar. Kadınlarda in vitro fertilizasyon prosedürlerinden elde edilen veriler, in vitro olgunlaşma sırasında oluşan hipoksik oositlerin, erken bölünme aşamalarında gelişimi durduran embriyolarla sonuçlandığını ve bu nedenle gebelik başarısının çok düşük olduğunu göstermiştir (Van Berkomp, 1997; Van Berkomp ve ark., 1997).

Ayrıca, erkeklerde olduğu gibi, rakımın yüksek irtifada yaşamamış dişilerin yumurtlama öncesi folikülleri üzerindeki etkileri oksidatif stresle ilişkili olabilir. Koyunlarda, deneysel veriler, folikülogenez süresince (yaklaşık 45 gün) antioksidan vitaminlerle takviyenin bu tür etkileri önlediğini göstermektedir (Parraguez ve ark., 2014).

Buna karşılık, yüksek irtifaya maruz kalan korpus luteumun anatomik ve işlevsel özellikleri üzerinde antioksidan vitaminlerin önemli bir etkisinin olmadığı

görülmektedir bu da bu yapı üzerindeki etkilerin esas olarak hipoksi tarafından aracılık edildiğini düşündürmektedir (Parraguez ve ark., 2013).

Budak ve ark., (2023)' de 2000m rakımda yaptıkları çalışma; 1. grupta (n:7); kortizol hormonunda en yüksek düzeye Ocak ayında ulaşıldığı (kış/test 1), Testosteron hormonunda en yüksek düzeye Haziran ayında ulaşıldı (yaz/test 3), D vitamininde ise en yüksek düzeye Kasım ayında ulaşıldı (sonbahar/test 4). Grup içi karşılaştırmalarda; kortizol hormonunda anlamlı farklılık saptandığı ($p<0,012$). 2. grupta (n:7); D vitamini ve testosteron hormonunda en yüksek düzeye Kasım ayında (sonbahar/test 4) ulaşıldığı, Kortizol hormonunda en yüksek düzeye Ocak ayında ulaşıldı (kış/test 1). Grup içi karşılaştırmalarda; D vitamininde anlamlı farklılık saptandı ($p<0,012$). Gruplar arası karşılaştırma sonucunda, sadece testosteron hormonunda anlamlı farklılık olduğu saptandığı ($p<0,012$ - $p<0,05$) bildirilmiştir.

Gonzales ve ark., (2012), yaptıkları araştırma sonunda yüksek rakımda (> 4.000 m rakım) yaşayan erkeklerin yüksek hemoglobin seviyeleri, düşük nabız oksijen satürasyonu, yüksek kronik dağ hastalığı skoru, yüksek kan kurşun seviyeleri, düşük sperm hareketliliği, düşük normal sperm morfolojisi yüzdesi, yüksek seminal pH ve düşük seminal çinko seviyelerine sahip olduğunu deniz seviyesinde yaşayan erkeklere kıyasla gösterdiği bildirilmiştir.

Eritropoietin (Epo) ve Yüksek Rakım

Eritropoietin (Epo), esas olarak böbrek ve karaciğerde üretilen bir hormondur ve kemik iliğindeki eritrosit progenitörleri için temel bir büyüme faktörüdür. Kırmızı kan hücrelerinin bazal üretim hızı (günde $2-3 \times 10^{11}$) hipoksik stres altında 10 kat artabilir. Kanın O_2 kapasitesi, Epo sentez hızının birincil belirleyicisidir. Son hücre kültürü çalışmaları, hipoksinin Epo gen ekspresyonunu indüklediği moleküler mekanizmaları tanımlamıştır. Genetik mühendisliği, kronik böbrek yetmezliği ve diğer hastalıkların anemilerinin tedavisi için rekombinant insan Epo'su (rhEpo) üretmesini sağlamıştır. Ne yazık ki, rhEpo sporcular tarafından eritropoezi uyarmak ve böylece kan O_2 kapasitesini ve dayanıklılık kapasitesini artırmak için kötüye kullanılmaktadır (Jelkmann, 2003).

Hb konsantrasyonundaki azalma plazma volüm artışı ile birlikte olursa VO_{2max} değişmemektedir. VO_{2max} 'ın değişmemesi, muhtemelen azalan arteriyal O_2 muhtevasını kalp dakika volümü artışının kompanze etmesiyle sağlanmaktadır. Bu durum, VO_{2max} 'ı belirleyen Hb konsantrasyonundan çok, total Hb miktarı olduğunu göstermektedir (Kanstrup ve Ekblom, 1984; Dünder, ve ark., 2019; Dünder, ve ark., 2017).

Üst düzey antrenmanlı sporcular üzerinde yapılan bir takip çalışmasında, plazma EPO konsantrasyonlarında artış ve benzer bir antrenman kampı sırasında daha yüksek serum transferrin reseptörü (sTfr) seviyelerine ve daha düşük ferritin

değerlerine eğilim gösterdikleri ve bu aralıklı hipoksi formunda daha yüksek eritropoietik aktiviteyi kanıtladıkları da görülmüştür (Stray-Gundersen ve ark., 2001).

Ancak, kırmızı kan hücresi kütlesi üzerindeki doğrudan bir etki yalnızca soyut biçimde tanımlanmıştır (Laitinen ve ark., 1995; Rusko ve ark., 1999). Eritropoietik aktivitede artış sıklıkla gösterilmiştir. 2500 m'ye karşılık gelen normobarik hipoksi altında 12 saat ve ardından normoksi altında 12 saat olmak üzere 7 günlük aralıklı hipoksik dönemde bile plazma EPO, sTfr, retikülosit sayısı ve kırmızı kan hücresi 2,3-BPG benzer şekilde artarak irtifada veya deniz seviyesinde dayanıklılık performansını iyileştirmiştir. Yaygın prosedür yaklaşık 3 ila 4 haftalık eğitim ve 1800 ila 2500 m arasındaki irtifalarda uyumayı içerir.

Sporcuların bu benzeri dopin adı altında kullandıkları maddeler hem sağlık açısından hemde spor ahlakı açısından hoş karşılanmamaktadır. Cireli ve ark.,(1992)'de yaptıkları saha çalışmasında doping ve benzeri ilaç kullanan sporcu sayısının %27.16 gibi yüksek bir düzeyde olduğu görülmüştür.

Dündar ve ark., (1991)'de yaptıkları bir başka çalışmada ise üst düzey sporcularının sakatlıklarının %28.35'i dış yüklenmelerden kaynaklandığı ve bunun içinde hem antrenman yüklerinin doğru belirlenmemesi hem de farmakolojik destek adı altında alınan performans artırıcı ilaç kullanımının olduğu görülmüştür.

Kuzucu ve ark., (2023) yılında yaptıkları çalışmada, İrtifaya çıkılmasından itibaren 2 saat sonra düşük bir seyirde de olsa kademeli yükseliş göstermesi beklenen EPO'nun en yüksek düzeyi 24 saat sonra yapılan son testte görüldü. Bu da hem irtifaya hem de egzersize verilen geç yanıtın daha olumlu olduğunu düşündürdü. Aynı zamanda HGB kütlesinde, WBC sayısında ve HTC değerindeki seyir ile ilişkilendirildi. Genel olarak, seçilmiş kan hücreleri, HIF-1 α ve EPO'nun saatlere göre değişimi incelendiğinde; aklimatizasyon kaynaklı yüksek ön test sonuçları, egzersizden 2 saat sonra düşüş, 24 saat sonra ise tekrar yükseliş olduğunu bildirmişlerdir.

Hipoksida akut direnç egzersizine karşı endokrin tepkileri üzerine yapılan araştırmalar karışık bulgular ortaya koymuştur. Bazı çalışmalar, normoksiye kıyasla hipoksi sırasında egzersizden sonraki 0-60 dakikalık dönemde daha yüksek laktat, büyüme hormonu ve/veya kortizol seviyeleri bildirirken (Kon ve ark., 2010; 2012; Filopoulos ve ark., 2017), diğerleri ise önemli bir fark göstermemektedir (Ho ve ark., 2014).

Martinez-Bello ve ark., (2011) yaptıkları çalışmada toplam 24 erkek Wistar sıçanı (3 aylık) rastgele dört deney grubuna ayırarak 21 gün boyunca: normoksik kontrol grubu (n = 6), normoksik antrenman grubu (n = 6), hipoksik kontrol grubu (12 saat pO₂ %12/12 saat pO₂ %21) (n = 6) ve hipoksik antrenman grubu (12 saat pO₂ %12/12 saat pO₂ %21) olarak antrenman uygulamışlar. Çalışma sonunda normobarik hipoksi

koşullarında yaşamak hem kontrol hem de antrenman gruplarında hemoglobin, hematokrit ve eritropoietin seviyelerini önemli ölçüde arttırmıştır. Antrenmanlı hayvanların (normoksi ve hipoksi) maksimum aerobik hızlarını önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür (Tetik Dündar, 2024).

Adrenal eksen ve prolaktin

Yapılan araştırmalarda Kortizol konsantrasyonları artan irtifa ile U şeklinde bir desen gösterdiği, konsantrasyonlar ilk olarak başlangıçta 474 ± 163 nmol/L'den 4844 m'de 369 ± 106 'ya önemli ölçüde düştüğü ve daha sonra 1,7 kat artarak 7050 m irtifada 643 ± 91 nmol/L'ye ulaştığı bildirilmiştir. 4844 m'de aklimatizasyon, kortizol konsantrasyonunun başlangıç seviyesine göre normalleşmesine yol açtı. Bu değişiklikler ne cinsiyete ne de SaO_2 veya paO_2 'ye bağlı olmadığı, Prolaktin konsantrasyonlarındaki değişiklikler daha az belirgin olduğu Prolaktin de 4844 m'de önemli ölçüde düştüğü ve 6022 m'de arttığı, ancak artışın önemli olmadığı, prolaktinin, prolaktin konsantrasyonunun iklime uyum sağlamasından sonra 4844 m'de de normalleşti çünkü aklimatizasyon periyodundan sonra prolaktin konsantrasyonu başlangıç seviyesinden önemli ölçüde farklı olmadığı, Prolaktin konsantrasyonları cinsiyete bağlı olduğu ancak SaO_2 veya paO_2 'ye bağlı olmadığı bildirilmiştir (Wolff ve ark., 2018).

Alçak rakımda yapılan bir dayanıklılık çalışmasında da, dayanıklılık antrenmanlarından sonra Kortizol hormonu ile ACTH hormonu arasındaki ilişkinin azaldığı ve ACTH hormonu seviyesinin azaldığı düşünüldüğünde gerekli dengenin sağlandığı bildirilmiştir (Gönülateş ve ark., 2017).

Tiroid eksen

TSH konsantrasyonları, TSH konsantrasyonunun 1,7 kat daha yüksek olduğu 7050 m rakım dışında, başlangıç seviyesine göre farklı değildir. Buna karşılık, fT_4 her rakımda sürekli olarak artarak başlangıçtan önce $12,7 \pm 1,5$ pmol/L'den 7050 m'de 16,1 pmol/L'ye ulaşmıştır. 4844 m'deki iklime uyum sırasında fT_4 konsantrasyonunun azaldığı ancak başlangıç seviyesinden daha yüksek kaldığı bildirilmiştir. Bu değişiklikler fT_3 için daha az belirgindir. 4844 m'de fT_3 konsantrasyonları da önemli ölçüde arttığı ancak 6022 m ve 7050 m rakımda fT_3 konsantrasyonları başlangıç seviyesine benzer olduğu, Tiroid eksen kısmen hipoksiye bağımlı olduğu, TSH paO_2 ve fT_3 ise SaO_2 ve paO_2 'ye bağımlı olduğu bildirilmiştir (Wolff ve ark., 2018).

Alçak rakımda yapılan bir çalışmada, TSH, sabah 2.23'den akşam 2.55'e çıkarken; FT_4 sabah 1.05'den akşam 1.02' ye düştüğü bildirilmiştir (Tetik ve ark., 2018).

Gonadal eksenler

FSH başlangıçtan önce $5,8 \pm 5,9$ mU/L'den 7050 m'de $3,3 \pm 2,1$ mU/L'ye sürekli olarak düşerek %40'lık bir düşüşe denk geldi. 4844 m'de iklime alıştıktan sonra FSH konsantrasyonları başlangıç seviyesine göre normalleşti. LH konsantrasyonları da başlangıç seviyesi ile 7050 m

rakım arasında yaklaşık %50 oranında önemli ölçüde azaldı. Ancak, azalma tüm rakımlarda gözlemlenemedi. 6022 m'de 4844 m'ye kıyasla daha da küçük bir artış oldu. İklim alışmanın normalleştirici etkisi LH için de görülebildi. 4844 m'de LH konsantrasyonları başlangıç seviyesine göre önemli ölçüde düşüktü, bu da iklime alıştıktan sonra artık fark edilemeyen bir etkiydi. Testosteron konsantrasyonları 7050 m rakım haricindeki tüm rakımlarda benzerdi. Bu rakımda, testosteron konsantrasyonu – o rakımdaki LH konsantrasyonlarının azalmasına paralel olarak – başlangıç seviyesine göre %50 daha düşük olduğu bildirilmiştir (Wolff ve ark., 2018).

Hormonal değişiklikler yapılan çalışmalarda hipoksi ile oksijen taşıma parametreleriyle, örneğin O_2 satürasyonu ve pO_2 değerleriyle neredeyse hiç korelasyon göstermedi, sadece irtifayla korelasyon gösterdiği, yüksek irtifa hipoksisinin bu değişikliklere sadece sebep olmayabileceği ve diğer faktörlerin de bir etkisi olması gerektiği düşünülmüştür.

Yüksek irtifalarda oluşan soğuk havanın muhtemelen alakalı olmadığı veya sadece sınırlı bir alakalılığa sahip olması, Hipobarik hipoksi nedeniyle irtifada artan fiziksel yükün bir etkisi olduğunun düşünülmesi gerekebilir.

Yaklaşık 5000 m irtifada fiziksel egzersizden sonra önemli ölçüde daha yüksek kortizol seviyeleri veya prolaktin seviyeleri görülmüştür. Yüksek irtifalarda periyodik solunum nedeniyle bozulan uykunun etkisi de stres eksenlerindeki değişiklik açısından düşünülebilir (Bloch ve ark., 2010).

Uykusuzluk ve kısalmış uyku, düşük irtifalarda bile önemli ölçüde daha yüksek kortizol seviyelerine yol açar (Vgontzas ve ark., 2001; D'Aurea ve ark., 2015). Ancak, artan iklime uyumla uyku iyileşmez (Bloch ve ark., 2010) ve yüksek irtifada bozulan uyku, endokrin değişiklikleri tam olarak açıklayamaz, çünkü bunlar uykunun aksine, 4800 m'de kısmen normale döner.

Bu nedenle, hipoksi, soğuk, fiziksel stres, bozulan uyku vb. gibi birkaç yüksekliğe bağlı faktörün bir etkisi olduğu ve biriktiği varsayılabilir. Ayrıca, bu endokrin değişikliklerinin uzun süre yüksek irtifada yaşayan insanların sağlığı üzerinde önemli bir etkisi olup olmadığı sorusu da ortaya çıkar. Uykusuzluk, artan kortizol konsantrasyonlarına ve artan kan basıncına ve kardiyovasküler hastalık riskine yol açar (Khan ve Aouad, 2017).

Buna paralel olarak, olumsuz kardiyovasküler olaylar yaşayan hastaların, olmayanlara göre daha yüksek medyan kortizol seviyeleri vardı (609,4'e karşı 594,4 pmol/mL, $P < 0,001$) (Jutla ve ark., 2014).

Klinik ve subklinik hipertiroidizm, farklı kardiyovasküler hastalık türleriyle ilişkilidir (Faber ve Selmer, 2014). Bu etkiler klinik olarak önemli olabilir çünkü kan basıncında hafif bir artış bile ölüm oranı üzerinde etkilidir (Vaduganathan ve ark., 2018).

Yüksek irtifanın gonadal eksen üzerindeki klinik sonuçları, askerler üzerinde yapılan ve yaklaşık 5000 m'nin üzerinde sperm kalitesinde klinik olarak önemli bir azalma gösteren yukarıda açıklanan çalışmalarla ortaya konmuştur (He ve ark., 2015).

Düşük-orta irtifada yapılan aerobik güç testi ile ilgili çalışmada; miyostatin seviyesi değişmemiş, ancak PGC-1 α ve Klotho seviyeleri artmıştır. Sonuçlara göre miyostatin aerobik egzersizlerde oksidatif metabolizmanın destekleyicisi ve dengeleyicisi olabilir. Egzersizle birlikte PGC-1 α iskelet kasında hızla uyarılabilir. Mitokondriyal biyogenez ve egzersize hızlı adaptasyon üzerinde önemli etkileri olabilir. Klotho egzersizle hızla uyarılabilir, bunun sonucunda hücre çoğalması ve inflamatuvar etkiler ortaya çıkabilir. Hem akut hem de kronik egzersizlerle yaşlanma karşıtı etkisiyle senesans fenotiplerini geciktirebilir, böylece yaşam süresini uzatabilir. Klotho, insanları egzersiz yapmaya teşvik etmek için gerçek bir gerektir (Tetik Dündar ve ark., 2023).

Bu nedenle, görüşümüze göre, endokrin sisteminin insanların çok yüksek irtifada uzun süre yaşayamamalarında rol oynayabileceği hipotezi kabul edilebilir.

Kaynakça

- Arjamaa, O., Nikinmaa, M. (2009). Natriuretic peptides in hormonal regulation of hypoxia responses. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* Feb;296(2):R257-64.
- Bangham, C.R.M., Hackett, P.H. (1978). Effects of high altitude on endocrine function in the Sherpas of Nepal. *J Endocrinol*, 79: 147–148.
- Basu, M., Pal, K., Malhotra, A.S., Prasad, R., Sawhney, R.C. (1995). Free and total thyroid hormones in humans at extreme altitude. *International Journal of Biometeorology*, 39 17–21.
- Basu, M., Pal, K., Prasad, R., Malhotra, A.S., Rao, K.S., Sawhney, R.C. (1997). Pituitary, gonadal and adrenal hormones after prolonged residence at extreme altitude in man. *International Journal of Andrology* 20 153–158.
- Benso, A., Broglio, F., Aimaretti, G., Lucatello, B., Lanfranco, F., Ghigo, E., Grottoli, S. (2007). Endocrine and metabolic responses to extreme altitude and physical exercise in climbers. *European Journal of Endocrinology* 157 733–40.
- Bhaumik, G., Dass, D., Lama, H., Chauhan, S.K. (2008). Maximum exercise responses of men and women mountaineering trainees on induction to high altitude (4350 m) by trekking. *Wilderness Environ Med*. 19(3):151–156.
- Bianba, S.B., Anderson, L.B., Stigum, H., Ouzhuluobu, N.P., Wu, T., Bjertness, E. (2014). Exercise capacity and selected physiological factors by ancestry and residential altitude: crosssectional studies of 9-10-year-old children in Tibet. *High Alt Med Biol*. 15(2):162–169.
- Bloch, K.E., Latshang, T.D., Turk, A.J., Hess, T., et. al. (2010). Nocturnal periodic breathing during acclimatization at very high altitude at Mount Muztagh Ata (7,546 m). *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 182 562–568.
- Brutsaert, T.D. (2008). Do high-altitude natives have enhanced exercise performance at altitude? *Appl Physiol Nutr Metab*. 33(3):582–592.
- Budak, C., Uçan İ., Dündar, S.T., Mertoğlu, C. (2023). Study on vitamin d, cortisol and testosterone values in male skiers by seasonal cycles, *The Online Journal of Recreation and Sports (TOJRAS)*, 12(3), 270-278.
- Chen, Q.H., Ge, R.L., Wang, X.Z., et al. (1997). Exercise performance of Tibetan and Han adolescents at altitudes of 3,417 and 4,300 m. *J Appl Physiol*. 83(2):661–667.
- Cireli, E., Okatan, T., Dündar, U., Hasırcı, S. (1992). Doping kullanımı üzerine bir anket araştırması. *ABTD*. 4, 19-24.
- Cofré, E., Peralta, O.A., Raggi, A., De Los Reyes, M., Sales, F., González-Bulnes, A., Parraguez, V.H. (2018). Ram semen deterioration by short-term

- exposure to high altitude is prevented by improvement of antioxidant status. *Animal*, 12: 1007–1014.
- D'Aurea, C., Poyares, D., Piovezan, R.D., Passos, G., Tufik, S., Mello, M.T. (2015). Objective short sleep duration is associated with the activity of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in insomnia. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 73 516–519.
- De Angelis, C., Ferri, C., Urbani, L., Farrace, S. (1996). Effect of acute exposure to hypoxia on electrolytes and water metabolism regulatory hormones. *Aviat Space Environ Med* 67: 746–750.
- DeRijk, R.H., Boelen, A., Tilders, F.J., Berkenbosch, F. (1994). Induction of plasma interleukin-6 by circulating adrenaline in the rat. *Psychoneuroendocrinology*. 19(2):155–163.
- Doyle MP, Walker BR. Stiffened erythrocytes augment the pulmonary hemodynamic response to hypoxia. *J Appl Physiol*. 1990; 69(4):1270–1275. PubMed
- Dündar, U., Gönülateş, S., Tetik, S., Yaan, T., Dündar, K. (2017). Analazing the effects of platelet on the durability training. *The Online Journal of Recreation and Sports*, 6(4), 101-112.
- Dündar, U., Karaoğlu, O., Tiner, M. (1991). Elit türk atletlerinde görülen sakatlıkların istatistiksel değerlendirmesi. *ABTD*. 4, 7-12.
- Dündar, U., Tetik, S., Dündar, K., Gönülateş, S. Yaan, T. (2019). “Dayanıklılık Antrenmanları Sonucu Plazma Hacim Değişiklikleri ve Performans İlişkisi”, *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(Ek Sayı 1): 1383-1390.
- Dündar, U., Tetik, S., Yapıcı, A. (2018). Effect of the cortisol hormone on endurance trainings in the morning and evening. *Gazzetta Medica italiana -archivio per le Scienze Mediche* April;177(4):126-33
- Eliakim, A., Wolach, B., Kodesh, E., et al. (1997). Cellular and humoral immune response to exercise among gymnasts and untrained girls. *Int J Sports Med*. 18(3):208–212.
- Enevoldsen, L.H., Polak, J., Simonsen, L., Hammer, T., et, al. (2007). Post-exercise abdominal, subcutaneous adipose tissue lipolysis in fasting subjects is inhibited by infusion of the somatostatin analogue octreotide, *Clin. Physiol. Funct. Imaging* 27, 320–326.
- Faber, J., Selmer, C. (2014). Cardiovascular disease and thyroid function. *Frontiers of Hormone Research*, 43 45–56.
- Faiss, R., Leger, B., Vesin, J.M., Fournier, P.E., Eggel, Y., Deriaz, O., Millet, G.P. (2013). Significant molecular and systemic adaptations after repeated sprint training in hypoxia, *PLoS One* 8 (2013) e56522.

- Farías, J.G., Bustos-Obregón, E., Reyes, J.G. (2005). Increase in testicular temperature and vascularization induced by hypobaric hypoxia in rats. *J Androl.* 26:693–697.
- Farías, J.G., Bustos-Obregón, E., Tapia, P.J., Gutiérrez, et. al. (2008). Time course of endocrine changes in the hypophysis-gonad axis induced by hypobaric hypoxia in male rats. *J Reprod Dev.* 54:18–21.
- Filopoulos, D., Cormack, S.J., Whyte, D.G. (2017). Normobaric hypoxia increases the growth hormone response to maximal resistance exercise in trained men. *Eur. J. Sport Sci.* 17 (7), 821–829.
- Gonzales, G. (2007). Peruvian contribution to the study on human reproduction at high altitude: from the chronicles of the Spanish conquest to the present. *Respir Physiol Neurobiol*, 158:172–179.
- Gonzales, G.F., Gasco, M., Tapia, V., Gonzales-Castañeda, C. (2009). High serum testosterone levels are associated with excessive erythrocytosis of chronic mountain sickness in men. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 296:E1319-25.
- Gonzales, G.F., Lozano-Hernández, R., Gasco, M., Gonzales-Castañeda, C., Tapia, V. (2012). Resistance of Sperm Motility to Serum Testosterone in Men with Excessive Erythrocytosis at High Altitude. *Horm Metab Res.* 2012. 44: 987–992.
- Gonzales, G.F., Villena, A. (1998). Aclimatación y adaptación. En: *El fútbol y la aclimatación a la altura*. IIAD:Lima. 23-46.
- Gonzalez-Bulnes, A., Veiga-Lopez, A., Garcia, P., Garcia-Garcia, R.M., et. al. (2005). Effects of progestagens and prostaglandin analogues on ovarian function and embryo viability in sheep. *Theriogenology*, 63:2523–2534.
- Gönülateş, S., Tetik, S., Dünder, U., Yaan, T., Dünder, K. (2017). Analyzing the before and after Effects of Endurance Training on ACTH Hormone. *International Journal of Science Culture and Sport*, 5(4), 340-346.
- Granger, H.J., Goodman, A.H., Cook, B.H. (1975). Metabolic models of microcirculatory regulation. *Fed Proc* 34: 2025–2030.
- Hackney, A.C., Feith, S., Pozos, R., Seale, J. (1995). Effects of high altitude and cold exposure on resting thyroid hormone concentrations. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 66 325–329
- Hartmann, G., Tschop, M., Fischer, R., et al. (2000). High altitude increases circulating interleukin-6, interleukin-1 receptor antagonist and C-reactive protein. *Cytokine*. 12(3):26–52.
- He, J., Cui, J., Wang, R., Gao, L., et. al. (2015). Exposure to hypoxia at high altitude (5380 m) for 1 year induces reversible effects on semen quality

- and serum reproductive hormone levels in young male adults. *High Altitude Medicine and Biology* 16 216–222.
- Ho, J.Y., Huang, Y.Y., Chien, Y.C., Chen, Y.C., Liu, S.Y. (2014). Effects of acute exposure to mild simulated hypoxia on hormonal responses to low-intensity resistance exercise in untrained men, *Res. Sports Med.* 22, 240–252.
- Jelkmann, W. (2003). Erythropoietin, *J. Endocrinol. Invest.* 26: 832-837.
- Jutla, S.K., Yuyun, M.F., Quinn, P.A., Ng, L.L. (2014). Plasma cortisol and prognosis of patients with acute myocardial infarction. *Journal of Cardiovascular Medicine*, 15 33–41.
- Kanstrup, I.L., Ekblom, B. (1984). Blood volume and hemoglobin concentration as determinants of maximal aerobic power. *Medicine and science in sports and exercise*, 16(3), 256-262.
- Katayama, K., Goto, K., Ishida, K., Ogita, F. (2010). Substrate utilization during exercise and recovery at moderate altitude, *Metabolism* 59, 959–966.
- Khan, M.S., Aouad, R. (2017). The effects of insomnia and sleep loss on cardiovascular disease. *Sleep Medicine Clinics*, 12 167–177.
- Klokke, M., Kharazmi, A., Galbo, H., Bygbjerg, I., Pedersen, B.K. (1993). Influence of in vivo hypobaric hypoxia on function of lymphocytes, neutrocytes, natural killer cells, and cytokines. *J Appl Physiol.* 74(3):1100–1106.
- Klokke, M.M., Kjaer, N.H., Secher, B., et al. (1995). Natural killer cell response to exercise in humans: effect of hypoxia and epidural anesthesia. *J Appl Physiol.* 78(2):709–716.
- Kobbernagel, H.E., Nielsen, K.G., Hanel, B. (2013). Hypoxic challenge test applied to healthy children: influence of body positions and exertion on pulse oximetric saturation. *Arch Dis Child.* 98(8):602–606.
- Koh, M.Y., Powis, G. (2012). Passing the button: the HIF switch. *Trends in Biochemical Sciences*, 37(9):364-72.
- Kon, M., Ikeda, T., Homma, T., Akimoto, T., Suzuki, Y., Kawahara, T. (2010). Effects of acute hypoxia on metabolic and hormonal responses to resistance exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.* 42, 1279–1285.
- Kon, M., Ikeda, T., Homma, T., Suzuki, Y. (2012). Effects of low-intensity resistance exercise under acute systemic hypoxia on hormonal responses, *J. Strength Cond. Res.* 26, 611–617.
- Kon, M., Nakagaki, K., Ebi, Y., Nishiyama, T., Russell, A.P. (2015). Hormonal and metabolic responses to repeated cycling sprints under different hypoxic conditions, *Growth Horm. IGF Res.* Jun;25(3):121-6.

- Kuzucu, M., Tetik Dündar, S., Özdal, M. (2023). Düşük-Orta İrtifaya Aklimatize Sporcularda Egzersiz Öncesi ve Sonrası HIF-1 α ve EPO Düzeylerinin Karşılaştırılması. *Mediterranean Journal of Sports Science*, Cilt 6, Özel Sayı 1
- Laitinen, H., Alopaeus, K., Heikkinen, R., Hietanen, H., Mikkelsen, L., Tikkanen, H., Rusko, H.K. (1995). Acclimatization to living in normobaric hypoxia and training in normoxia at sea level in runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:S109.
- León-Velarde, F. (1990). Evolución de la ideas sobre la policitemia como mecanismo adaptativo a la altura. *Bull Inst Fr Etud Andines.* 19:443-53.
- León-Velarde, F., Mejía, O. (2008). Gene expression in chronic high altitude diseases. *High Alt Med Biol.* 9(2):130-9.
- León-Velarde, F., Monge, C.C., Vidal, A., Carcagno, M., Criscuolo, M., Bozzini, C.E. (1991). Serum immunoreactive erythropoietin in high altitude natives with and without excessive erythrocytosis. *Exp Hematol.* 19(4):257-60.
- Luks, A.M. (1985). Physiology in medicine: a physiologic approach to prevention and treatment of acute high-altitude illnesses. *Journal of Applied Physiology* 118 509–519.
- Mazzeo, R.S., Bender, P.R., Brooks, G.A., et al. (1991). Arterial catecholamine response during exercise with acute and chronic high altitude exposure. *Am J Physiol.* 261(4 Pt1):E419–E424.
- Monge, C., San Martín, M., Atkins, J., Castañón, J. (1945). Aclimatación del ganado ovino en las grandes alturas. *An Fac Med.* 28: 15–31.
- Monge, C.C. (1990). Regulación de la concentración de hemoglobina en la policitemia de altura: modelo matemático. *Bull Inst Fr Etud Andines (Lima)*, 19:455-67.
- Monge, C.C., Whitttemburry, J. (1982). Chronic mountain sickness and the physiopathology of hypoxemic polycythemia. En: Sutton JR, Jones NL, Houston CS (eds), *Hypoxia: man at altitude*. New York:Thieme Stratton, 51-6.
- Moore, L.G. (2001). Human genetic adaptation at high altitude. *High Alt Med Biol.* 2: 257-79.
- Nam, S.S., Moon, H.W., Park, H.Y., Sunoo, S. (2011). The property of gender, body composition, physical fitness Level, ACE gene polymorphism on differences of submaximal exercise capacity at various hypobaric hypoxic condition. *Exerc Sci.* 20(1):47–60.
- Nam, S.S., Sunoo, S. (2011). The change of muscle oxygenation and RBC deformability during submaximal exercise at various hypobaric hypoxic conditions. *Kor J Sports Sci.* 20(5):1123–1138.

- Nepal, O., Pokhrel, B.R., Khanal, K., Gyawali, P., Malik, S.L., Koju, R., Kapoor, B.K. (2013). Thyroid hormone levels in highlanders – a comparison between residents of two altitudes in Nepal. *Kathmandu University Medical Journal* 11 18–21.
- Nikinmaa, M. (2002). Oxygen-dependent cellular functions—why fishes and their aquatic environment are a prime choice of study. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 133: 1–16.
- Okumura, A., Fuse, H., Kawauchi, Y., Akashi, T. (2003). Changes in male reproductive function after high altitude mountaineering. *High Alt Med Biol.* 4:349–353.
- Palmer, B.F. (2010). Physiology and pathophysiology with ascent to altitude. *Am J Med Sci.* 340(1):69-77.
- Parraguez, V.H., Atlagich, M., Behn, C., Bruzzone, M.E., Raggi, L.A. (2006). Fertility in ewes at high altitude: comparison between animals with long- and short-time residence at high altitude and the effect of antioxidant vitamins. *Reprod Domest Anim*, 41:372.
- Parraguez, V.H., Diaz, F., Cofré, E., Urquieta, B., De Los Reyes, M., Astiz, S., Gonzalez-Bulnes, A. (2014). Fertility of a high-altitude sheep model is compromised by deficiencies in both preovulatory follicle development and plasma LH availability. *Reprod Domest Anim*, Dec, 49:977–984.
- Parraguez, V.H., Urquieta, B., Perez, L., Castellaro, G., et. Al. (2013). Fertility in a high-altitude environment is compromised by luteal dysfunction: the relative roles of hypoxia and oxidative stress. *Reprod Biol Endocrinol.* 11: 24.
- Parraguez, V.H., Gonzalez-Bulnes, A. (2020). Endocrinology of reproductive function and pregnancy at high altitudes. *Current Opinion in Endocrine and Metabolic Research* Volume 11, April, Pages 27-32
- Pedersen, B.K., Hoffman-Goetz, L. (2000). Exercise and immune system: Regulation, Integration, and Adaptation. *Physiol Rev.* 80(3):1055–1081.
- Pedersen, B.K., Steensberg, A. (2002). Exercise and hypoxia: effects on leukocytes and interleukin-6-shared mechanisms? *Med Sci Sports Exerc.* 34:2004–2012
- Peñaloza, D., Arias-Stella, J. (2007). The heart and pulmonary circulation at high altitudes: healthy highlanders and chronic mountain sickness. *Circulation*, 115:1132–46.
- Pradhan, R.K., Chakravarthy, V.S. (2007). A computational model that links non-periodic vasomotion to enhanced oxygenation in skeletal muscle. *Math Biosci* 209: 486–499.

- Pritzlaff, C.J., Wideman, L., Weltman, J.Y., Abbott, R.D., Gutgesell, M.E., Hartman, M.L., Veldhuis, J.D., A. Weltman, A. (1999). Impact of acute exercise intensity on pulsatile growth hormone release in men, *J. Appl. Physiol.* 87, 498–504.
- Richalet, J.P., Letournel, M., Souberbielle, J.C. (2010). Effects of high-altitude hypoxia on the hormonal response to hypothalamic factors. *American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 299 R1685–R1692.
- Riedl, S., Kluge, M., Schweitzer, K., Waldhör, T., Frisch, H. (2012). Adaptation of ghrelin and the GH/IGF axis to high altitude. *European Journal of Endocrinology* 166 969–976.
- Robergs, R.A., Quintana, R., Parker, D.L., Frankel, C.C. (1998). Multiple variables explain the variability in the decrement in $\text{VO}_{2\text{max}}$ during acute hypobaric hypoxia. *Med Sci Sports Exerc.* 30(6):869–879
- Rusko, H.K., Tikkanen, H., Paavolainen, L., Härmäläinen, I., Kalliokoski, K., Puranen, A. (1999). Effect of living in hypoxia and training in normoxia on sea level $\text{VO}_{2\text{max}}$ and red cell mass. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31(Suppl.):S86.
- Sawhney, R.C., Chhabra, P.C., Malhotra, A.S., Singh, T., Riar, S.S., Rai, R.M. (1985). Hormone profiles at high altitude in man. *Andrologia*, 17:178–184.
- Schmid, T., Zhou, J., Brüne, B. (2004). HIF-1 and p53: communication of transcription factors under hypoxia. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 8(4):423–31.
- Shahani, S., Braga-Basaria, M., Maggio, M., Basaria, S. (2009). Androgens and erythropoiesis: past and present. *J Endocrinol Invest.* 32:704–16.
- Soszynski, D., Kozak, W., Conn, C.A., Rudolph, K., Kluger, M.J. (1996). Beta-adrenoceptor antagonists suppress elevation in body temperature and increase in plasma IL-6 in rats exposed to open field. *Neuroendocrinology.* 63(5):459–467.
- Stokes, K., Nevill, M., Frystyk, J., Lakomy, H., Hall, G. (2005). Human growth hormone responses to repeated bouts of sprint exercise with different recovery periods between bouts, *J. Appl. Physiol.* 99, 1254–1261.
- Stokes, K.A., Tyler, C., Gilbert, K.L. (2008). The growth hormone response to repeated bouts of sprint exercise with and without suppression of lipolysis in men, *J. Appl. Physiol.* 104, 724–728.
- Stray-Gundersen, J., Chapman, R.F., Levine, B.D. (2001). “Living high–training low” altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. *J. Appl. Physiol.* 91:1113–1120

- Sutton, J.R. (1977). Effect of acute hypoxia on the hormonal response to exercise, *J. Appl. Physiol. Respir. Environ. Exerc. Physiol.* 42, 587–592.
- Tetik Dünder, S. (2020). Hipoksik Ortam Maruziyetinde HIF-1 Aktivitesi. *Spor Bilimlerine Genel Bakış, Akademisyen Kitabevi*, 35-46.
- Tetik Dünder, S. (2024). Hipoksik ve Normoksik Koşullarda Yaşayan Sporcuların Hematolojik Çıktıları. *Spor Bilimleri Alanında Gelişmeler. Platanus Publishing*, 99-114.
- Tetik Dünder, S., Kuzucu, M., Varol, S.R. (2023). Effect of the aerobic power test performed at low-medium altitude on the myostatin, pgc-1 alpha and klotho levels. *Gazzetta Medica italiana - archivio per le Scienze Mediche*, June;182(6):342–51
- Tetik, S., Dünder, U., Gönülateş, S., Yaan, T., Dünder, K. (2018). The Effects Of Morning And Evening Endurance Training On TSH And FT4 Hormones. *The Online Journal of Recreation and Sport – January, Volume 7, Issue 1.*
- Utsunomiya, T., Kadota, T., Yanaga, T. (1984). Pituitary hormone responses to exercise at high altitudes. *Nihon Naibunpi Gakkai Zasshi* 60, 1214–1226.
- Vaduganathan, M., Pareek, M., Quamar, A., Pandey, A., Olsen, M.H., Bhatt, D.L. (2018). Baseline blood pressure, the 2017 ACC/AHA high blood pressure guidelines, and long-term cardiovascular risk in SPRINT. *American Journal of Medicine*, 131 956–960.
- Van Berkomp, J. (1997). Can the developmental competence of early human embryos be predicted in the clinical IVF laboratory? *Hum Reprod.* 12:1610–1614.
- Van Berkomp, J., Antczak, M., Schrader, R. (1997). The developmental potential of the human oocyte is related to the dissolved oxygen content of follicular fluid: association with vascular endothelial growth factor levels and perifollicular blood flow characteristics. *Hum Reprod.* 12:1047–1055.
- Vgontzas, A.N., Bixler, E.O., Lin, H.M., Prolo, P., et. al. (2001). Chronic insomnia is associated with nyctohemeral activation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis: clinical implications. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism.* 86 3787–3794.
- Viault, F.G. (1890). Physiologie expérimentale: sur augmentation considérable du nombre des globules rouges dans le sang chez les habitants des hauts plateaux de l'Amérique du Sud. *CR Séances Acad Sci.* 111:917-8.
- Vitzthum, V.J. (2001). The home team advantage: reproduction in women indigenous to high altitude. *J Exp Biol.* 204: 3141–3150.
- Vitzthum, V.J., Ellison, P.T., Sukalich, S., Caceres, E., Spielvogel, H. (2000). Does hypoxia impair ovarian function in Bolivian women indigenous to high altitude? *High Alt Med Biol.* 1: 39–49.

- Wee, J., Charlton, C., Simpson, H., Jackson, et al. (2005). GH secretion in acute exercise may result in postexercise lipolysis, Growth Hormon. IGF Res. 15, 397–404.
- Wenger, R.H., Gassmann, M. (1996). Little difference. Nature 380: 100.
- Winslow RM, Monge CC. (1987). Hypoxia, polycythemia, and chronic mountain sickness. Baltimore, Md: John Hopkins, 255 p.
- Wolff, M., Nakas, C.T., Tobler, M., Merz, T.M., et.al. (2018). Adrenal, thyroid and gonadal axes are affected at high altitude. Endocr Connect. Oct 1;7(10):1081-1089.
- Woods, D.R., Davison, A., Stacey, M., Smith, et.al. (2012). The cortisol response to hypobaric hypoxia at rest and post-exercise. Hormone and Metabolic Research 44 302–305.