

MODERN ANTRENMAN BİLİMİ II

İleri Performans, Teknoloji ve
Veri Temelli Uygulamalar

Editör

Doç. Dr. Mehmet SOYAL

KALP ATIŞ HIZI

168 bpm

92%

PERFORMANS

VO2 MAX

64

ml/kg/dk

GÜÇ

DAYANIKLILIK

HIZ

ESNEKLİK

KOORDİNASYON

DUJAR

MODERN ANTRENMAN BİLİMİ II

İleri Performans, Teknoloji ve Veri Temelli Uygulamalar

Editör

Doç. Dr. Mehmet SOYAL



MODERN ANTRENMAN BİLİMİ II
İleri Performans, Teknoloji ve Veri Temelli Uygulamalar

Editör

Doç. Dr. Mehmet SOYAL

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek

Kapak ve Sayfa Tasarımı Duvar DESIGN

Basım Tarihi: Eylül 2026

Yayıncı Sertifika No: 49837

E-ISBN: 978-625-8936-69-8

© 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

BİRİNCİ BÖLÜM

ANTRENMAN PLANLAMASI VE PERİYODİZASYON

Dr. Öğr. Üyesi Serdar GÜR

1.1. Periyodizasyonun Tanımlanması	1
1.2. Toparlanma ve Adaptasyon	2
1.2.1. Genel Adaptasyon Sendromu.....	3
1.3. Antrenman Döngüleri ve Yapılandırılması	4
1.3.1. Mikro Döngü.....	4
1.3.2. Mezo Döngü.....	5
1.3.3. Makro Döngü	5
1.4. Periyodizasyon Türleri	6

İKİNCİ BÖLÜM

GÜÇ ANTRENMANLARI

Dr. Öğr. Üyesi Onur ŞENGÖL

2.1. Güç Kavramı	11
2.2. Kuvvet Geliştirme Hızı (Kuvvet-Hız İlişkisi)	11
2.2.1. Kuvvet Geliştirme Hızı Antrenman Yöntemleri	12
2.2.2. Kuvvet-Hız Eğrisi	12
2.3. Güç Antrenman Değişkenleri	14
2.3.1. Antrenman Yüğü.....	14
2.3.2. Hareket Hızı ve İtici Amaç (Intent)	14
2.3.3. Hareket Tekrar ve Set Sayıları	14
2.3.4. Dinlenme Süreleri	14
2.3.5. Antrenman Sıklığı	15
2.3.6. Egzersiz Seçimi.....	15
2.3.7. Antrenman Hacmi	15
2.3.8. Periyodizasyon	15
2.4. Güç Antrenman Metodları	15
2.4.1. Balistik Antrenmanlar	16
2.4.2. Pliometrik Antrenmanlar.....	18
2.4.3. Olimpik Kaldırışlar	20
2.4.4. Hız Temelli Antrenmanlar (Velocity-based Training).....	22
2.4.5. Kompleks (Complex) Antrenmanlar	23
2.4.6. Kontrast (Contrast) Antrenmanlar.....	24
2.5. Güç Antrenmanlarının Fizyolojik Etkileri	25
2.6. Güç Antrenmanlarının Atletik Performansa Etkileri	26
2.7. Güç Antrenmanlarının Yaralanma Üzerindeki Rolü	26
2.8. Güç Performansını Değerlendirme ve Ölçüm Yöntemleri	27
2.9. Spora Özgü Örnek Antrenman Programları	28
2.10. Güç Antrenmanları Tasarım Değişkenleri	31

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YAŞ VE SEVİYEYE GÖRE ANTRENMAN UYGULAMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Meltem ÖZAĞIR

3.1. Çocuk ve Gençlerde Dayanıklılık Antrenmanları.....	41
3.2. Çocuk ve Gençlerde Sürat.....	43
3.2.1. Ergenlik Öncesi Sürat Antrenmanları	45
3.2.2. Ergenlik Süresince Sürat Antrenmanları	45
3.2.3. Ergenlik Sonrası Sürat Antrenmanları	46
3.3. Çocuk ve Gençlerde Kuvvet.....	46
3.3.1. Kuvvet Çeşitleri	46
3.4. Çocuk ve Gençlerde Esneklik	48
3.5. İleri Yaşlarda Egzersiz	50
3.5.1. Direnç Egzersizleri.....	50
3.5.2. Aerobik Egzersizler.....	51
3.5.3. Esneklik Çalışmaları	51
3.5.4. Denge Çalışmaları	51
3.5.5. İleri Yaşlı Bireylere Egzersiz Programı Hazırlarken Dikkat Edilmesi Gerekenler	52

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

DAYANIKLILIK: FİZYOLOJİK TEMELLER, ANTRENMAN YÖNTEMLERİ VE PERFORMANS UYGULAMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Ömer AKSOY

4.1. Dayanıklılığın Fizyolojik Temelleri.....	57
4.1.1. Enerji Sistemleri.....	57
4.1.2. Anaerobik Enerji Sistemi	57
4.1.3. ATP-CP (Fosfojen) Sistemi	57
4.1.4. Anaerobik Glikolitik Sistem.....	58
4.1.5. Aerobik Enerji Sistemi	58
4.1.6. Krebs Döngüsü.....	58
4.1.7. Maksimal Oksijen Tüketimi (VO ₂ max)	59
4.1.8. Laktat Eşiği ve Anaerobik Eşik.....	59
4.1.9. Kalp-Dolaşım ve Solunum Sistemlerinin Adaptasyonları	60
4.2. Dayanıklılık Türleri.....	60
4.2.1. Genel Dayanıklılık	60
4.2.2. Özel Dayanıklılık (Branşa Özgü).....	61
4.2.3. Aerobik Dayanıklılık.....	61
4.2.4. Anaerobik Dayanıklılık	61
4.2.5. Kas Dayanıklılığı	61
4.2.6. Mental Dayanıklılık	61
4.3. Dayanıklılık Antrenman Yöntemleri	62
4.3.1. Sürekli Antrenman Yöntemi	62
4.3.2. Aralıklı (Interval) Antrenman Yöntemi	62

4.3.3. Fartlek Antrenmanı	62
4.3.4. Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman (HIIT) ve Modelleri	63
4.3.5. Tekrarlı Kısa Sürat Antrenmanı	64
4.3.6. Tekrarlı Uzun Sürat Antrenmanı.....	64
4.3.7. Küçük Alan Oyun Temelli Antrenmanlar	64
4.3.8. Sprint Interval Training (SIT)	64
4.4. Yaşa ve Antrenman Düzeyine Göre Dayanıklılık Antrenmanı	65
4.4.1. Çocuklar ve Gençler.....	65
4.4.2. Yetişkin Bireyler.....	65
4.4.3. Yaşlı Bireyler	65
4.5. Sedanter Bireyler ve Sporcular için Dayanıklılık Farklılıkları	66
4.6. Branşa Göre Dayanıklılık Gereksinimleri.....	66
4.6.1. Takım Sporları (Futbol, Basketbol vb.)	66
4.6.2. Bireysel Sporlar (Koşu, Yüzme, Bisiklet).....	66
4.6.3. Dövüş Sporları, Raket Sporları ve Su Sporları	67
4.6.4. Karma Spor Branşlarında Dayanıklılığın Rolü	67
4.7. Dayanıklılık Testleri	67
4.7.1. VO ₂ max Testleri.....	67
4.7.2. 30-15 Intermittent Fitness Test (30-15 IFT)	68
4.7.3. Cooper Testi	69
4.7.4. Laktat Testi (Laktat Eşiği Belirleme Testi).....	71
4.7.5. Yo-Yo Testleri	72
4.7.6. Carminatti Shuttle Run Test (CSRT)	74
4.7.7. Nabız Takibi, GPS ve Performans İzleme Sistemleri	75
4.8. Dayanıklılık Antrenmanlarında Sık Yapılan Hatalar ve Antrenman Programlama İlkeleri.....	75
4.8.1. Aşırı Antrenman.....	75
4.8.2. Yetersiz Toparlanma Süreleri	76
4.8.3. Antrenman Yoğunluğu ve Hacminin Dengelenmesi	76
4.8.4. Periyodizasyon ve Yüklenme İlkelerinin Uygulanması.....	76

BEŞİNCİ BÖLÜM

GÜNCEL ANTRENMAN YAKLAŞIMLARI VE BİLİMSEL GELİŞMELER

Dr. Öğr. Üyesi Burak TAŞ

5.1. Velocity-Based Training (VBT).....	83
5.1.1. Yük-Hız İlişkisi.....	83
5.1.2. Hız Kaybı Eşikleri.....	84
5.1.3. Avantajları ve Sınırlılıkları	85
5.2. Sprint Interval Training (SIT).....	86
5.2.1. Uygulama Özellikleri	86
5.2.2. Fizyolojik Temelleri.....	86
5.2.3. Aerobik ve Anaerobik Performansa Etkileri.....	87

5.2.4. Zaman Verimliliği	87
5.2.5. Uygulama ve Sınırlılıklar	88
5.3. Veri Temelli Antrenman	88
5.3.1. Dış ve İç Antrenman Yükünün İzlenmesi	88
5.3.2. GPS ve GNSS Sistemleri	89
5.4. Kalp Atım Hızı Değişkenliği ve Hazır Oluş	89
5.5. Algılanan Zorluk ve Antrenman Yükü	90
5.6. Akut:Kronik İş Yükü Oranı	90
5.7. Makine Öğrenmesi ve Yapay Zeka	90

ALTINCI BÖLÜM KOORDİNASYON VE DENGE

Arş. Gör. Ünal Can GÖKMEN

6.1. Motor Kontrol, Postüral Stabilite ve Antrenman Uygulamaları.....	98
6.2. Koordinasyon ve Dengenin Kavramsal Temelleri	99
6.2.1. Koordinasyonun Tanımı ve Kapsamı.....	99
6.2.2. Denge, Postüral Yönelim ve Postüral Kararlılık	100
6.3. Motor Kontrolün Nörofizyolojik Temelleri.....	101
6.3.1. Duyusal Bilgi Kaynakları.....	101
6.3.2. Duyusal Yeniden Ağırlıklandırma	101
6.3.3. Merkezî İşleme, Kas Sinerjileri ve Hata Düzeltme	101
6.4. Denge Becerisinin Öğrenilmesi ve Nöroplastisite	102
6.4.1. Dengenin Biyomekanik Temelleri	103
6.4.2. Denge Türleri ve Sportif Talepler	105
6.5. Koordinatif Yeteneklerin Yapısı	106
6.5.1. Kas İçi ve Kaslar Arası Koordinasyon	108
6.6. Gelişim, Uzmanlık ve Bireysel Farklılıklar	109
6.6.1. Çocukluk ve Ergenlikte Motor Yeterlik.....	109
6.6.2. Antrenman Geçmişi, Spor Dalı ve Başlangıç Düzeyi	109
6.7. Yorgunluk ve Denge	109
6.8. Koordinasyon ve Dengenin Değerlendirilmesi.....	110
6.8.1. Test Seçiminin İlkeleri	110
6.8.2. Durağan Denge Testleri	111
6.8.3. Dinamik Denge Testleri: SEBT ve YBT.....	111
6.8.4. Kuvvet Platformu ve Basınç Merkezi Ölçümleri	111
6.8.5. Reaktif Denge ve İniş Stabilizasyonu	112
6.8.6. Koordinasyon Test Bataryaları.....	112
6.9. Koordinasyon ve Denge Antrenmanının Temel İlkeleri	113
6.9.1. Özgüllük	113
6.9.2. Aşamalı Zorlaştırma ve Uygun Zorluk Noktası	113
6.9.3. Görev Çeşitliliği ve Beceri Transferi	114
6.9.4. Geribildirim, Dikkat Odağı ve Kalite.....	115
6.9.5. Stabil ve İnstabil Yüzeylerin Yeri	115

6.10.Koordinasyon Antrenmanı Yöntemleri.....	116
6.10.1. Reaksiyon ve Karar Verme Çalışmaları.....	116
6.10.2. Ritim, Zamanlama ve Hareketleri Bağlama.....	116
6.10.3. Yönelim ve Nesne Kontrolü	117
6.10.4. Çift Görev ve Bilişsel-Motor Bütünleştirme.....	117
6.11.Denge Antrenmanı Yöntemleri	118
6.11.1. Durağan ve Tek Ayak Kontrolü.....	118
6.11.2. Dinamik Denge, Ağırlık Aktarımı ve Uzanma	118
6.11.3. Sıçrama, İniş ve Yön Değiştirme	118
6.11.4. Reaktif Denge ve Pertürbasyon.....	118
6.12.Sportif Performans ve Yaralanma Önleme.....	119
6.12.1. Performans Üzerindeki Etkiler.....	119
6.12.2. Ayak Bileği Burkulmalarının Önlenmesi	119
6.12.3. Genç Sporcularda Nöromüsküler Programlar	120
6.13.Dozlama, Seans Yerleşimi ve Periyodizasyon	121
6.13.1. Antrenman Dozu.....	121
6.13.2. Seans İçindeki Yerleşim.....	121
6.13.3. Sezon İçinde Periyodizasyon	122
6.14.Spora Özgü Uygulama Örnekleri	124
6.14.1. Futbol, Basketbol ve Hentbol.....	124
6.14.2. Jimnastik, Artistik Sporlar ve Dövüş Sporları	124
6.14.3. Atletizm, Kayak ve Dayanıklılık Sporları.....	124
6.14.4. Çocuk ve Genç Sporcular	124
6.15.Yaralanma Sonrası Spora Dönüş.....	124
6.15.1. İzleme, İlerleme Kararları ve Güvenlik	125
6.15.2. Sık Yapılan Hatalar ve Bilimsel Düzeltmeler	127

YEDİNCİ BÖLÜM

ANTRENMAN BİLİMİNDE TESTLER VE PERFORMANS DEĞERLENDİRİLMESİ

Arş. Gör. Ayşe Demet KARADAĞ

7.1. Performans Testlerinin Kavramsal Çerçevesi	133
7.1.1. Test Uygulamasının Amaçları	134
7.1.2. Etik, Güvenlik ve Veri Sorumluluğu	134
7.1.3. Ölçüm Kalitesi: Geçerlik, Güvenirlik ve Duyarlılık	135
7.1.4. Duyarlılık, Yanıt Verebilirlik ve Uygulanabilirlik.....	138
7.1.5. Ölçüm Hatası ve Temel İstatistiksel Göstergeler.....	138
7.1.6. Sistematik Yanlılık ve Rastgele Hata.....	139
7.1.7. Göreli Güvenirlik: ICC	140
7.1.8. Mutlak Güvenirlik: Tipik Hata, CV, SEM ve MDC.....	140
7.1.9. Yöntem Uyumunun Değerlendirilmesi: Bland-Altman Yaklaşımı..	141
7.1.10. En Küçük Anlamlı Değişim ve Karar Mantığı	142
7.1.11. Test Bataryasının Tasarlanması	143

7.1.12. Gerekksinim Analizi	143
7.1.13. Familiarizasyon	144
7.1.14. Standardizasyon	145
7.1.15. Test Günü Sıralaması	145
7.2. Başlıca Performans Testleri	146
7.2.1. Antropometri ve Vücut Kompozisyonu	146
7.2.2. Aerobik Kapasite ve Dayanıklılık Testleri	147
7.2.3. Anaerobik Kapasite ve Tekrarlı Sprint Yeteneği	148
7.2.4. Maksimal Kuvvet ve Kuvvette Devamlılık	148
7.2.5. Patlayıcı Güç ve Sıçrama Testleri	149
7.2.6. Sürat Testleri	150
7.2.7. Yön Değiştirme ve Çeviklik	151
7.2.8. Hareketlilik, Esneklik, Denge ve Koordinasyon	152
7.3. Spora Özgü Testler ve Müsabaka Performansı	152
7.4. Performans Değerlendirmesinde Teknoloji	152
7.4.1. Cihaza Özgü Geçerlik ve Güvenirlik	153
7.4.2. Kuvvet Platformları ve Veri İşleme Kararları	154
7.4.3. GPS/GNSS, LPS ve Giyilebilir Sensörler	154
7.4.4. Taşınabilir Laktat Analizörleri	154
7.5. Sonuçların Yorumlanması	154
7.5.1. Referans Yaklaşımları	154
7.5.2. Mutlak ve Relatif Değerler	155
7.5.3. Yaş, Cinsiyet ve Biyolojik Olgunlaşma	155
7.5.4. Asimetri Sonuçlarının Dikkatli Yorumlanması	155
7.5.5. Tek Skordan Çoklu Kanıta	156
7.6. Performans Raporlaması	156
7.6.1. Raporlanması Gereken Yöntem Bilgileri	157
7.6.2. Sayısal Sunum ve Grafikler	157
7.6.3. Değişimin Belirsizlikle Birlikte Sunulması	158
7.6.4. Eyleme Dönük Geri Bildirim	158
7.7. Örnek Test Bataryaları	159
7.7.1. Takım Sporü İçin İki Günlük Test Planı	159
7.7.2. Test Sıklığının Belirlenmesi	160
7.8. Örnek Bireysel Değerlendirme ve Raporlama	160
7.9. Sık Yapılan Hatalar ve Bilimsel Düzeltmeler	161

SEKİZİNCİ BÖLÜM

TOPARLANMA VE REJENERASYON

Dr. Öğr. Üyesi Uğur CABA

8.1. Toparlanma ve Rejenerasyonun Kavramsal Temelleri	168
8.1.1. Toparlanmanın Tanımı ve Amacı	168
8.1.2. Homeostaz, Allostaz ve Adaptasyon	169
8.1.3. Toparlanmanın Zaman Boyutu	170

8.2. Egzersiz Sonrası Yorgunluğun Çok Boyutlu Yapısı.....	171
8.2.1. Metabolik ve Enerjetik Yorgunluk.....	171
8.2.2. Nöromusküler Yorgunluk	171
8.2.3. Kas Hasarı, İnflamasyon ve Gecikmiş Kas Ağrısı	171
8.2.4. Otonom, Termal ve Psikolojik Yorgunluk.....	172
8.3. Toparlanmanın İzlenmesi ve Karar Verme	172
8.3.1. Tek Ölçüm Yerine Çoklu ve Bireysel Yaklaşım.....	172
8.3.2. Trafik Işığı Yaklaşımı	174
8.4. Aktif ve Pasif Toparlanma	174
8.4.1. Tanımlar ve Kullanım Alanları	174
8.4.2. Aktif Toparlanmanın Fizyolojik Etkileri	174
8.4.3. Pasif Toparlanmanın Fizyolojik Etkileri	175
8.5. Beslenme ve Hidrasyon ile Toparlanma	177
8.5.1. Öncelik: Enerji Kullanılabilirliği ve Günlük Beslenme Düzeni	177
8.5.2. Karbonhidrat ve Glikojen Yenilenmesi	177
8.5.3. Protein ve Doku Onarımı	177
8.5.4. Karbonhidrat-Protein Birlikteliği	178
8.5.5. Sıvı ve Elektrolitlerin Yenilenmesi	178
8.5.6. Tam Gıdalar, Takviyeler ve Alkol	180
8.6. Uyku ve Toparlanma	181
8.6.1. Uyku Neden Temel Bir Toparlanma Aracıdır?.....	181
8.6.2. Uyku Miktarı, Kalitesi, Zamanlaması ve Düzenliliği	181
8.6.3. Uyku Uzatma ve Gündüz Uykusu.....	182
8.6.4. Müsabaka, Seyahat ve Geç Saat Antrenmanı	184
8.7. Masaj ve Manuel Toparlanma Uygulamaları	185
8.7.1. Masajın Olası Etki Mekanizmaları.....	185
8.7.2. Performans, DOMS ve Esneklik Üzerindeki Etkiler	185
8.7.3. Masajda Güvenlik ve Kontrendikasyonlar	186
8.8. Soğuk Uygulamalar ve Toparlanma	186
8.8.1. Uygulama Türleri ve Fizyolojik Temel.....	186
8.8.2. Soğuk Suya Daldırma İçin Uygulama Aralığı	187
8.8.3. Akut Toparlanma ile Uzun Dönem Adaptasyon Arasındaki Denge	188
8.8.4. Soğuk Uygulamada Güvenlik	189
8.9. Toparlanmanın Periyodizasyonu ve Bütünleşik Planlama	189
8.9.1. Temellerden Yardımcı Yöntemlere Doğru Hiyerarşi.....	189
8.9.2. 24 Saatlik Bütünleşik Toparlanma Akışı.....	191
8.9.3. Uygulama Senaryoları.....	191
8.9.4. Yaygın Hatalar ve Bilimsel Düzeltmeler	192

DOKUZUNCU BÖLÜM

SPORCULARDA ENERJİ KULLANILABİLİRLİĞİ VE ENERJİ DENGESİ

Dr. Öğr. Üyesi İsmail BELLİ

9.1. Temel Kavramlar	198
9.1.1. Enerji Dengesi	198
9.1.2. Enerji Kullanılabilirliği	199
9.1.3. Örnek Hesaplama	200
9.1.4. Enerji Dengesi ile Enerji Kullanılabilirliği Neden Farklı Sonuç Verebilir?	200
9.2. Ölçüm ve Hesaplama Sınırlılıkları	201
9.3. Yeterli, Uyarlanabilir ve Problemlili Düşük Enerji Kullanılabilirliği	202
9.4. Düşük Enerji Kullanılabilirliğinin Nedenleri ve Risk Ortamları	203
9.5. REDs ve Sporcu Triadı	205
9.6. Sağlık Üzerindeki Olası Etkiler	206
9.6.1. Endokrin ve Üreme İşlevleri	206
9.6.2. Kemik Sağlığı ve Kas Dokusu	206
9.6.3. Metabolik ve Kardiyovasküler İşlevler	207
9.6.4. Bağışıklık, Hematoloji ve Gastrointestinal İşlevler	207
9.6.5. Psikolojik İşlevler ve Yeme Davranışı	207
9.7. Performans ve Antrenman Uyumu	208
9.8. Özel Gruplarda Değerlendirme	209
9.8.1. Çocuk ve Ergen Sporcular	209
9.8.2. Erkek Sporcular	209
9.8.3. Para Sporcular	209
9.8.4. Kilo Kategorili ve Estetik Branşlar	210
9.8.5. Tarama ve Klinik Değerlendirme	210
9.8.6. Ayırıcı Tanı ve Güvenlik	212
9.9. Yönetim ve Müdahale İlkeleri	213
9.9.1. Beslenme Zamanlaması ve Makro Besinler	214
9.9.2. Antrenman Yükünün Düzenlenmesi	214
9.9.3. Çok Disiplinli Ekip	214
9.10.Önleme: Birincil, İkincil ve Üçüncül Yaklaşım	214
9.11.Antrenör ve Performans Ekibi İçin İzleme	215
9.11.1. Uygulama Örneği	216
9.12.Yaygın Hatalar ve Bilimsel Düzeltmeler	217

ONUNCU BÖLÜM

SPOR TEKNOLOJİLERİ VE VERİ ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Özgür DOĞAN

10.1.Spor Bilimlerinde Kullanılan Teknolojiler ve Veri Kaynakları	222
10.1.1. Giyilebilir ve Konumlandırma Teknolojileri	223
10.1.2. Fizyolojik ve Biyomekanik Ölçüm Teknolojileri	225

10.2.Spor Verilerinin Yönetimi ve Analiz Süreci.....	228
10.2.1. Spor Verisinin Türleri	229
10.2.2. Veri Toplama ve Ön İşleme	229
10.2.3. Analiz ve Görselleştirme Yöntemleri.....	231
10.3.Spor Teknolojileri ve Veri Analizinin Uygulama Alanları	232
10.3.1. Performans ve Antrenman Yükünün Takibi	232
10.3.2. Teknik, Taktik ve Müsabaka Analizi	233
10.3.3. Yaralanma, Rehabilitasyon ve Spora Dönüş.....	233
10.4.Yapay Zekâ, Ölçüm Kalitesi ve Etik Sorunlar	234
10.4.1. Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi.....	234
10.4.2. Geçerlik, Güvenirlik ve Ölçüm Hataları	236
10.4.3. Etik, Gizlilik ve Veri Güvenliği	236

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Kuvvet-hız bölgeleri	13
Tablo 2. Güç performansını değerlendirme testleri	27
Tablo 3. Futbol branşına yönelik örnek güç antrenman programı	28
Tablo 4. Basketbol branşına yönelik örnek güç antrenman programı	29
Tablo 5. Yüzme branşına yönelik örnek güç antrenman programı	30
Tablo 6. Güç antrenmanlarının sezonun evresine göre planlanması	31
Tablo 7. Güç antrenmanlarının birim antrenman içeriğinin planlanması	32
Tablo 8. Ergenlik öncesi sürat antrenmanlarının içeriği ve yapısı	45
Tablo 9. Ergenlik öncesi sürat antrenmanlarının içeriği ve yapısı	46
Tablo 10. Ergenlik sonrası sürat antrenmanlarının içeriği ve yapısı	46
Tablo 11. Çocuklarda kuvvet çalışmaları genel özelliklerinin yaş gruplarına göre sınıflandırılması	47
Tablo 12. Gençler için kuvvet antrenmanı periyodizasyon modeli	48
Tablo 13. Gençler için kuvvet antrenmanı periyodizasyon modeli	48
Tablo 14. Temel kavramların antrenman bilimindeki karşılıkları	100
Tablo 15. Başlıca postüral stratejiler ve antrenman karşılıkları	105
Tablo 16. Koordinatif yetenekler, sportif gereksinimler ve örnek antrenmanlar	108
Tablo 17. Denge ve koordinasyon değerlendirmesinde temel yöntemler	113
Tablo 18. Antrenman zorluğunu değiştiren başlıca değişkenler	116
Tablo 19. Koordinasyon antrenmanı için örnek görevler	117
Tablo 20. Denge antrenmanı görev ailesi ve ilerleme örnekleri	119
Tablo 21. Kanıtların uygulamaya çevrilmesi	120
Tablo 22. Sekiz haftalık örnek koordinasyon ve denge programı	123
Tablo 23. Örnek mikro döngüde seans yerleşimi	123
Tablo 24. Dört spor senaryosu için hedef-görev eşleştirmesi	125
Tablo 25. Basit antrenman izleme formu	126
Tablo 26. Koordinasyon ve denge antrenmanında sık hatalar	127
Tablo 27. Test ve değerlendirme sürecindeki temel kavramlar	133
Tablo 28. Performans testlerinde başlıca geçerlik kanıtları	136
Tablo 29. Güvenirlik türleri ve uygulama karşılıkları	138
Tablo 30. Yayıgın hata kaynakları ve kontrol stratejileri	140
Tablo 31. Bireysel değişimi yorumlamak için örnek karar matrisi	142
Tablo 32. Test seçiminde kullanılabilecek kontrol listesi	144
Tablo 33. Performans alanlarına göre örnek test menüsü	146
Tablo 34. Aerobik ve aralıklı saha testlerinin karşılaştırılması	148
Tablo 35. Kuvvet testlerinin seçimi ve raporlanması	149

Tablo 36. Yaygın ölçüm teknolojileri ve kalite kontrol noktaları	153
Tablo 37. Sonuç yorumlama yaklaşımları.....	155
Tablo 38. Bir performans raporunun önerilen bölümleri	157
Tablo 39. Farklı spor profilleri için örnek çekirdek bataryalar	159
Tablo 40. Yorgunluğu azaltmak için iki güne bölünmüş örnek plan	159
Tablo 41. Örnek sporcunun test sonuçları ve karar yorumu.....	160
Tablo 42. Performans testlerinde sık hatalar ve önerilen düzeltmeler	161
Tablo 43. Toparlanmanın başlıca zaman ölçekleri ve antrenman uygulamaları	170
Tablo 44. Toparlanmanın izlenmesinde kullanılabilecek göstergeler	173
Tablo 45. Hedefe göre aktif ve pasif toparlanma seçimi.....	176
Tablo 46. Toparlanma süresine göre beslenme ve hidrasyon öncelikleri	180
Tablo 47. Sporcular için uyku araç kutusu	184
Tablo 48. Masaj ve soğuk uygulamaların kanıt profili, kullanım alanı ve sınırlılıkları	189
Tablo 49. Farklı spor ve antrenman hedeflerinde örnek toparlanma planları	191
Tablo 50. Enerji yönetiminde temel kavramlar.....	198
Tablo 51. Enerji kullanılabilirliği için örnek hesaplama	200
Tablo 52. Problemlili düşük enerji kullanılabilirliğine katkıda bulunabilecek durumlar	204
Tablo 53. İzlemede dikkate alınabilecek sağlık ve performans sinyalleri.....	208
Tablo 54. Enerji kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde yöntemler ve sınırlılıkları.....	212
Tablo 55. Müdahale planının temel bileşenleri	213
Tablo 56. Uygulamada haftalık enerji-yük izleme kontrol listesi	216
Tablo 57. İlgili cihazlar	228
Tablo 58. Veri aktarım aşamaları	231

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Mezo döngü sürecini oluşturan 3:1 yüklenme değerleri düzeni.....	3
Şekil 2. Genel adaptasyon sendromu (GAS).....	3
Şekil 3. 1 haftalık mikro döngü örneği.....	4
Şekil 4. Farklı uzunluklarda mezo döngü örnekleri.....	5
Şekil 5. Tek uçlu makro döngü örneği.....	6
Şekil 6. İki uçlu makro döngü örneği.....	6
Şekil 7. Kuvvet-hız eğrisi grafiği.....	13
Şekil 8. Aralıklı fitness koşu testi (30-15 IFT).....	69
Şekil 9. Cooper testi.....	71
Şekil 10. Yo-yo intermittent recovery test (Level 1 - IR1).....	73
Şekil 11. Yo-yo intermittent endurance test (Level 1).....	74
Şekil 12. Koordinasyon ve dengenin sportif performans sistemi içindeki kavramsal konumu.....	99
Şekil 13. Postüral kontrolde duyuşal bütünleştirme, öngörücü ve reaktif yanıt döngüsü.....	102
Şekil 14. Statik ve dinamik dengenin temel biyomekanik bileşenleri.....	104
Şekil 15. Dengenin durağan, dinamik, proaktif ve reaktif olarak işlevsel sınıflandırılması.....	106
Şekil 16. Koordinatif yeteneklerin bütünleşik yapısı.....	107
Şekil 17. Koordinasyon ve denge değerlendirmesinde saha-laboratuvar ve statik-dinamik test haritası.....	110
Şekil 18. Koordinasyon ve denge antrenmanında aşamalı zorlaştırma modeli.....	114
Şekil 19. Görev benzerliği ve zorluk düzeyine göre beceri transferinin kavramsal gösterimi.....	115
Şekil 20. Sekiz haftalık koordinasyon ve denge gelişim modeli.....	122
Şekil 21. Performans değerlendirme döngüsü.....	133
Şekil 22. Performans testlerinde ölçüm kalitesinin temel boyutları.....	135
Şekil 23. Geçerlik ile güvenilirlik arasındaki ilişki.....	137
Şekil 24. Gözlenen performans skorunun kavramsal bileşenleri.....	139
Şekil 25. Sentetik verilerle örnek Bland-Altman uyum grafiği.....	141
Şekil 26. Test seçimi için karar hunisi.....	143
Şekil 27. Örnek bir test gününde önerilen sıralama.....	145
Şekil 28. Karşı hareketli sıçramada örnek kuvvet-zaman eğrisi ve temel fazlar.....	150
Şekil 29. Sprint ara zamanları ve 505 yön değiştirme testi için örnek ölçüm düzeni.....	151

Şekil 30. Ham değer, değişim, belirsizlik ve eylem notunu birleştiren örnek bireysel rapor	158
Şekil 31. Toparlanma ve rejenerasyonun başlıca bileşenleri	168
Şekil 32. Antrenman-yorgunluk-toparlanma-adaptasyon döngüsünün kavramsal gösterimi	169
Şekil 33. Yorgunluğun çok boyutlu yapısı ve izlenebilecek örnek göstergeler	172
Şekil 34. Aktif ve pasif toparlanmanın temel özelliklerinin karşılaştırılması	176
Şekil 35. Egzersiz sonrası beslenme ve hidrasyonun ana bileşenleri	179
Şekil 36. Uygunun toparlanma üzerindeki çok boyutlu etkileri	183
Şekil 37. Masajın toparlanma bağlamındaki olası etkileri	186
Şekil 38. Soğuk uygulamaların temel türleri ve toparlanmaya olası katkıları	188
Şekil 39. Toparlanma stratejilerinin temel hiyerarşisi ve sezon hedeflerine göre dönemsel seçimi	190
Şekil 40. Enerji dengesi ile enerji kullanılabilirliğinin kavramsal karşılaştırması	199
Şekil 41. Benzer günlük enerji toplamına karşın farklı gün içi yakıt eşleşmesi örnekleri	202
Şekil 42. Enerji kullanılabilirliğinin yeterli düzeyden problemli düşüklüğe uzanan sürekliliği	203
Şekil 43. Problemli düşük enerji kullanılabilirliğiyle ilişkilendirilen sağlık ve performans alanları	206
Şekil 44. Enerji kullanılabilirliği riskinde tarama, klinik değerlendirme ve yönetim akışı	211

ÖNSÖZ

Sportif performansın geliştirilmesi günümüzde yalnızca doğru antrenman yönteminin seçilmesine değil; sporcunun antrenmana verdiği yanıtın ölçülmesine, toparlanmanın yönetilmesine, bireysel gereksinimlerin belirlenmesine ve elde edilen verilerin doğru yorumlanmasına da bağlıdır. Bu nedenle çağdaş antrenman bilimi, bilimsel kanıt ile saha deneyimini teknoloji ve performans verileriyle bütünleştiren bir yapıya doğru gelişmektedir.

Modern Antrenman Bilimi II: İleri Performans, Teknoloji ve Veri Temelli Uygulamalar, serinin ilk kitabında ele alınan temel antrenman ve performans yaklaşımını ileri düzey uygulamalarla tamamlamak amacıyla hazırlanmıştır. Eserde antrenman planlaması ve periyodizasyon, güç ve dayanıklılık antrenmanları, yaşa ve performans düzeyine göre uygulamalar, güncel antrenman yöntemleri, koordinasyon ve denge, performans testleri, toparlanma ve rejenerasyon ile sporcularda enerji kullanılabilirliği gibi konular ele alınmaktadır. Kitabın ilerleyen bölümlerinde ise spor teknolojileri, performans monitörizasyonu, veri analizi ve yapay zekâ gibi güncel yaklaşımlar antrenman bilimi perspektifinden değerlendirilmektedir. Bu kapsam kitabın mevcut bölüm yapısıyla da doğrudan örtüşmektedir.

Eserin temel yaklaşımı, teknolojiyi ve veriyi antrenörün yerini alan unsurlar olarak değil, daha doğru, bireyselleştirilmiş ve kanıta dayalı kararları destekleyen araçlar olarak değerlendirmektir. Bu doğrultuda okuyucunun yalnızca hangi antrenmanın uygulanacağını değil; uygulanan antrenmanın nasıl ölçüleceğini, yorumlanacağını ve elde edilen bilginin sonraki antrenman kararlarına nasıl aktarılacağını da değerlendirebilmesi amaçlanmıştır.

Kitabın; spor bilimleri öğrencileri, akademisyenler, antrenörler, kondisyonerler, performans uzmanları ve sporcu performansının ölçülmesi ve geliştirilmesi alanında çalışan tüm uygulayıcılar için güncel ve işlevsel bir kaynak olmasını diliyorum. Eserin hazırlanmasına bilimsel bilgi ve deneyimleriyle katkı sağlayan değerli bölüm yazarlarına ve emeği geçen herkese teşekkür ederim.

Doç. Dr. Mehmet SOYAL

Editör

2026

BİRİNCİ BÖLÜM

ANTRENMAN PLANLAMASI VE PERİYODİZASYON

Dr. Öğr. Üyesi Serdar GÜR

Doğru planlanmış antrenman programlarında, yapılacak çalışmaların çeşitliliği ve hedef doğrultusunda belirlenen çalışmaların doğru sıralamada uygulanması, sporcuların yüksek performansa ulaşmasında kritik bir rol oynar. Bu kapsamda planlı ve sistematik antrenman süreci, sporcu performansının geliştirilmesinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Bompa ve Buzzichelli, 2021; Stone, Hornsby, Haff, Fry, Suarez, Liu ve Pierce, 2021). Sporcu performansını hedeflenen düzeye ulaştırmada önemli bir diğer kavram olan periyodizasyon; kısa ve uzun vadeli antrenman programlarında hedef yükün gerektiğinde manipüle edilmesi ile yüklenme sonrası dinlenme ve toparlanma sürelerinin sistematik biçimde planlanması olarak değerlendirilebilir (Kiely, 2018). Antrenman planının oluşturulması önemli olmakla birlikte, günlük uygulama katı olmamalı; sporcunun verdiği yanıtlara ve geri bildirimlere göre değiştirilebilmelidir (Bourdon, Cardinale, Murray, Gatin, Kellmann, Varley ve Cable, 2017). Periyodize programlarla sabit yük üzerinden uygulanan programlar karşılaştırıldığında, periyodize yaklaşımların daha yüksek adaptasyon ve daha iyi antrenman yanıtları sağlayabildiği bildirilmiştir (Williams, Tolusso, Fedewa ve Esco, 2017).

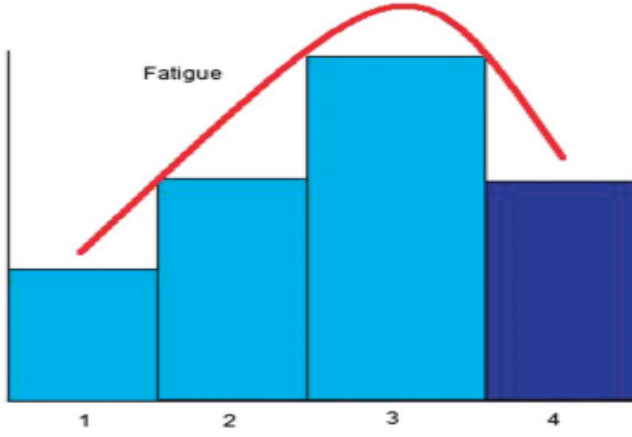
1.1. Periyodizasyonun Tanımlanması

Periyodizasyon, biyomotor özelliklerin geliştirilmesi hedefi doğrultusunda yapılan çalışmalar ile birlikte ortaya çıkan yorgunluğun doğru yönetimi sonucu, en yüksek performansın elde edilebildiği bir antrenman planı olarak tanımlanabilir. Yüksek performans, esas olarak kullanılan antrenman yöntemlerinin ve belirlenen antrenman yüklerinin mantıksal ancak yaratıcı çeşitliliği yoluyla elde edilebilir (Kiely, 2018). Periyodizasyon kavramı içerisinde değerlendirilen iki önemli unsur olan, antrenmanın hacmi ve yoğunluğu (belirlenen yük) arasında ters bir ilişki bulunmaktadır. Ancak planlı yapılan aşırı yüklenmelerin olduğu dönemde, her iki unsorda da belirlenen hedef doğrultusunda artış gerçekleştirilerek, antrenmanın hacmi ve yoğunluğu (belirlenen yük) arasında daha doğrusal bir ilişkinin ortaya çıktığını belirtebiliriz (Turner, 2011). Periyodizasyon genellikle branşın gerektirdiği genel hedeflerden, özel hedeflere doğru ilerleyen bir süreç olarak tanımlanabilir (Issurin, 2016). Bompa ve Haff (2009), periyodizasyonun 2 ana aşaması olan; hazırlık aşaması ve müsabaka aşamasını aktardıkları çalışmalarında bu tanımlı desteklemektedir.

Ayrıca hazırlık döneminin 2 alt aşaması vardır. Bunlar, genel fiziksel antrenman ve branşa özgü fiziksel antrenman dönemleri olarak ayrılabilir. Genel fiziksel antrenman aşamasında amaç, sporcunun çalışma kapasitesini iyileştirmek ve ilerleyen süreçte karşılaşılabilecek daha yüksek yüklenmelere karşı, fiziksel adaptasyonu en üst düzeye çıkarmaktır (Bompa ve Haff, 2009). Branşa özgü fiziksel antrenman aşamasında ise amaç, sporcunun antrenman geçmişinin etkisi ile ortaya çıkan fizyolojik profiline uygun çalışmalarla fiziksel kapasitenin geliştirilmesi, aynı zamanda branşın gerektirdiği teknik ve taktiksel çalışmaların uygulanması ile birlikte müsabaka ya da yarışma dönemine hazırlanmaktır (Cissik, Hedrick ve Barnes, 2008).

1.2. Toparlanma ve Adaptasyon

Mezo döngü sürecini oluşturan haftalık antrenman blokları genellikle 3:1 yüklenme değerleri üzerinden düzenlenir (Şekil 1), dördüncü antrenman bloğundan önce ilk 3 mikro döngü (hafta) içerisinde kademeli olarak artar. Dördüncü antrenman bloğunda yük azaltılarak, organizmanın toparlanması sağlanır, yorgunluğu azalır, bu sayede adaptasyon ortaya çıkabilir (Haff, 2004; Bompa ve Buzzichelli, 2021). Uygun şekilde oluşturulan antrenman planlamasında en önemli unsur olan, yüklenme-dinlenme ilişkisinin önemini vurgulayan bir çalışmada, Stone vd., (2021), 4:2 yüklenme değerleri üzerinden planlanan bir mezosiklus sürecinde, kademeli yüklenme aşamalarının sayısı arttıkça, toparlanma aşamalarının sayısının da artacağını öne sürmektedir. Ayrıca, yüklenme sonrası adaptasyonların toparlanma dönemlerinde gerçekleşmesi ile birlikte, birikmiş yorgunluğun azaltılması ihtiyacının da dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir (Turner, 2011). Hedeflenen adaptasyonu sağlayabilmek için toparlanma evreleri en doğru şekilde oluşturulmalı (Haff, 2004), ve ayrıca sporcunun aşırı yüke ya da gereğinden daha düşük yüke maruz kalmasını önlemek için yüklenme-dinlenme oranlarının en uygun şekilde planlanması (örneğin, 3:1 adım yüklenme değerleri düzenini kullanarak) gerekmektedir (Turner, 2011).

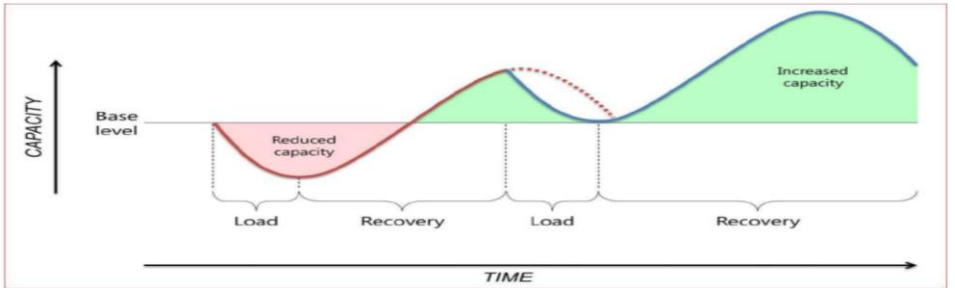


Şekil 1. Mezo döngü sürecini oluşturan 3:1 yüklenme değerleri düzeni

Kaynak: Bompa ve Haff, (2009); Stone, Stone ve Sands, (2007).

1.2.1. Genel Adaptasyon Sendromu

Periyodizasyonun orijinal teorik temeli, bir organizmanın bir yüke karşı verdiği genel tepki olarak tanımlanan ve Hans Seyle tarafından literatüre kazandırılan genel adaptasyon sendromu (GAS) kavramıdır (Wathen, Baechele ve Earle, 2000). Bu modele göre, herhangi bir stres faktörüne verilen ilk tepki aşaması şok veya alarm fazı olarak tanımlanır. İlk aşamadan sonra, organizma karşılaştığı yüke karşı direnç göstererek, verilen dinlenme aralığında yüklenme öncesi durumdan kendisini daha yüksek oranda adaptasyon sağlayarak aşırı dengeleme, fazla tamlama (süperkompensasyon) aşamasını gerçekleştirir. Dinlenme aralığı doğru oluşturulmaz ve yüklenme devam ederse, organizma uyumsuzluk veya aşırı yorgunluk olarak adlandırılan son aşamaya girebilir. Periyodizasyon, bu adaptasyon etkilerini manipüle etmek ve sporcuyla gereğinden fazla yüke maruz bırakarak uyumsuzluk veya aşırı yorgunluk aşamasından kaçınmak amacıyla geliştirilmiştir (Bompa ve Buzzichelli, 2021; Wathen, Baechele ve Earle, 2000).



Şekil 2. Genel adaptasyon sendromu (GAS)

Kaynak: Cunanan, DeWeese, Wagle, Carroll, Sausaman, Hornsby ve Stone, (2018).

1.3. Antrenman Döngüleri ve Yapılandırılması

Antrenmanı periyotlandırmak için birkaç farklı model vardır (Bompa ve Buzzichelli, 2021). Bu modeller spor branşına bağlı olarak farklılık gösterir, ancak hepsi genel hazırlık, özel hazırlık, müsabaka ya da yarışma hazırlığı ve asıl müsabaka ya da yarışma, geçiş veya aktif dinlenme aşamalarının yer aldığı ortak prensipler üzerinden oluşturulmaktadır. Belirtilen aşamaları (döngüleri) bölmek için kullanılan terminoloji şu şekildedir;

- Makro döngüler: uzun plan, genellikle 1 yıl,
- Mezo döngüler: yaklaşık 2 haftadan birkaç aya kadar daha kısa plan,
- Mikro döngüler: yaklaşık 7 günlük kısa plan olarak belirlenmektedir (Lambert, Viljoen, Bosch, Pearce ve Sayers, 2008).

1.3.1. Mikro Döngü

Yıllık antrenman planlamasında, en kısa süreyi kapsayan ve en işlevsel yapıya sahip bölüm mikro döngü sürecidir. Genellikle haftalık olarak planlanmakla birlikte 3 ile 11 gün arasında değişen sürelerle de düzenlenebilir. Her bir mikro döngü belirli özelliklerin geliştirilmesi veya korunmasına yönelik amaçlar doğrultusunda hazırlanır. Bu döngüler; gelişim, performansı koruma, zirve noktasına ulaşma, mükemmelleştirme ya da aktif dinlenme gibi çeşitli amaçlara hizmet edecek şekilde oluşturulabilir. Mikro döngülerde genellikle bir ya da iki performans özelliği ön planda tutulur ve bu doğrultuda antrenman yükü planlanır. Sporcuların toparlanma süreçlerini dikkate alan sistemli bir yaklaşım gerekli olup, deneyimli antrenörler bu yaklaşım doğrultusunda yüklenme ve dinlenme dengesini mikro döngü düzeyinde etkili şekilde ayarlayabilen kişilerdir (Yücel, Sayın, Vurgun, Gülmez, Nalçakan, Ergin ve Müniroğlu, 2020).

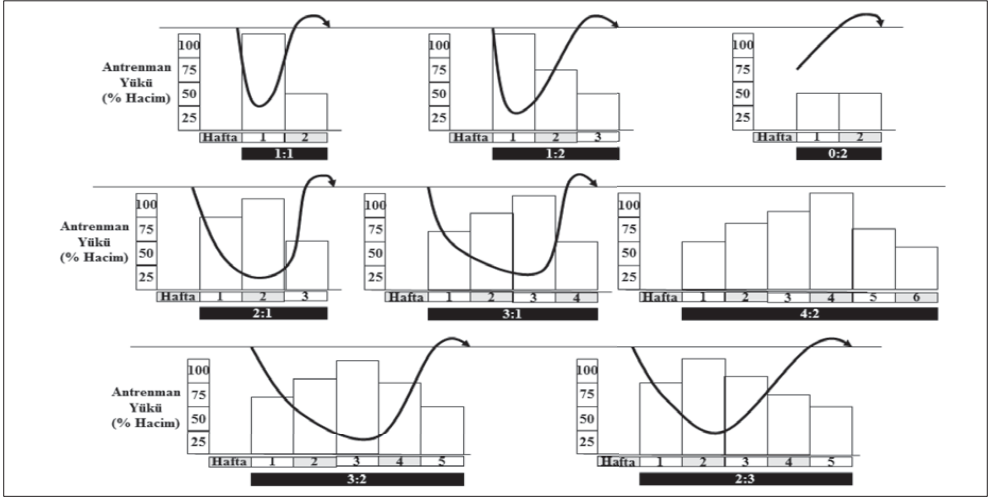
ŞİDDET / Hacim							
90-100%	Yüksek						
80-90%	Orta						
50-80%	Düşük						
0	Rest						
Günler	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar
Enerji Sistemi alanına göre antrenmanın birinci hedefi	* Aerobik Sistem Kapasite	* Anaerobik Glikolitik Güç	* Anaerobik Glikolitik Kapasite	* Anaerobik Güç	* Aerobik Sistem Kapasite		

Şekil 3. 1 haftalık mikro döngü örneği

Kaynak: Baacke, Horst ve Antrenmanı, (2008).

1.3.2. Mezo Döngü

Antrenman programlama sürecinde, mezo döngüler de diğer zaman dilimlerinde olduğu gibi, yüklenme ve dinlenme dönemlerinin planlandığı ara evrelerdir. Bu döngüler, daha kısa süreli mikro döngülerin birbirini takip edecek şekilde yapılandırılması ile oluşturulur. Mezo döngülerde özellikle zirve performansa ulaşmak ve yüklenmenin azaltılması ilkeleri ön planda tutulur. Genellikle bir veya iki temel özelliğe odaklanmak bu döngülerin temel hedefidir. Bilimsel çalışmalarda zirve performansın genellikle 7 ile 10 gün arasında korunabildiği belirtilmektedir. Antrenman planlanmasında bu bağlamda, sporcuların gerçek zirve düzeyine 2-3 kez ulaşması hedeflenir. Takım sporlarında ise tüm sporcuların aynı anda zirve performanslarına ulaşmaları oldukça zordur, çünkü bireysel özellikler ve adaptasyon süreçleri farklılık gösterebilir. Bu nedenle, antrenman programları bireysel özellikler dikkate alınarak oluşturulmalı ve bu prensip doğrultusunda takibi yapılmalıdır (Yücel vd., 2020).



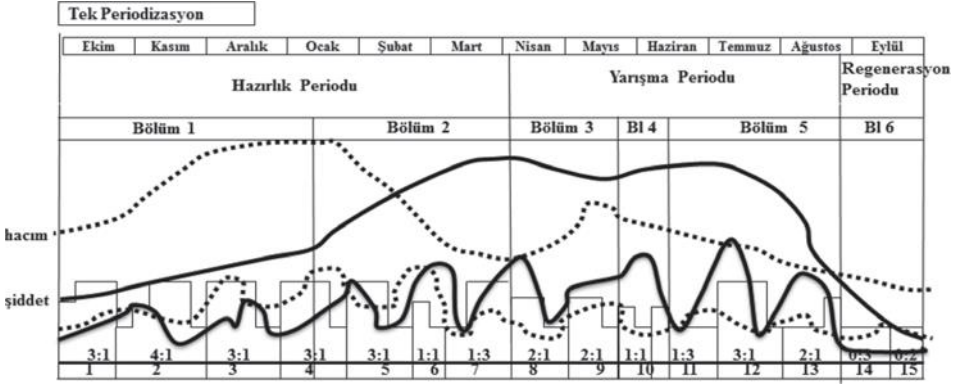
Şekil 4. Farklı uzunluklarda mezo döngü örnekleri

Kaynak: Turner, (2011); Haff, (2004).

1.3.3. Makro Döngü

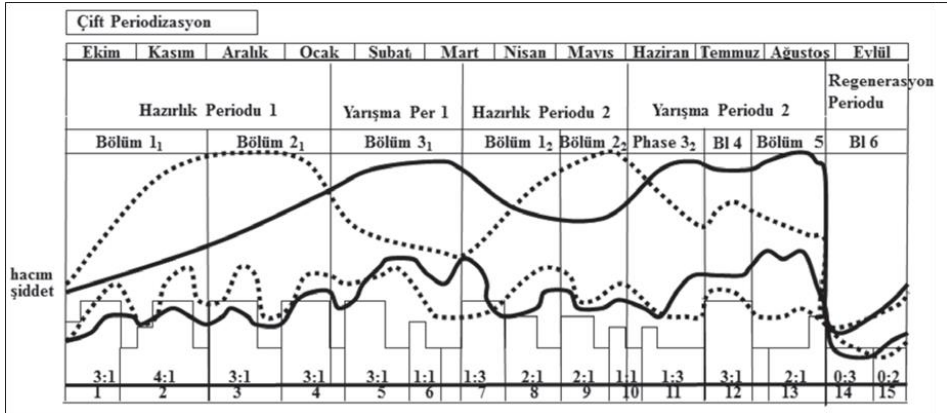
Antrenman planlaması kapsamında makro döngüler uzun süreli planlamaları içermektedir. Makro döngüyü oluşturan, 4-6 haftalık süreçleri kapsayan mezo döngülerin hedef performans doğrultusunda sistematik şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Antrenman planlama ve periyodizasyon aşamalarının her birisinde olduğu gibi bu döngünün de sürekli güncellenmesi gereken dinamik bir yapısı vardır. Planlamanın başında belirlenen hedefler, ulaşılan hedefler, ulaşılamayan hedefler dikkate alınarak ve antrenman sürecinin başından sonuna

kadar oluşturulan tüm kayıtların doğru değerlendirilmesine bağlı olarak, oluşturulan planlama ve periyodizasyon ihtiyaç doğrultusunda düzenlenebilir ve gerekli güncellemelerle değiştirilebilir (Stone, vd., 2021)



Şekil 5. Tek uçlu makro döngü örneği

Kaynak: Açıkada, (2016).



Şekil 6. İki uçlu makro döngü örneği

Kaynak: Açıkada, (2016).

1.4. Periyodizasyon Türleri

Periyodik antrenman klasik yaklaşım üzerinden değerlendirildiğinde, genellikle sezonun başlarında branşın gerektirdiği yönde yüksek hacimli, düşük yoğunluklu antrenman planlaması üzerinden oluşturulur ve uygulanır, müsabaka dönemine yakın dönemde ise yine branşın gerektirdiği yönde ancak müsabaka ya da yarışmaya yönelik teknik ve taktiksel çalışmalar formunda, yüksek yoğunluklu yükler üzerinden planlanır ve sporcuların uygulaması sağlanır (Hellard, Avalos, Millet, Lacoste, Barale ve Chatard, 2005). Bu antrenman yaklaşımı, sporcunun gereğinden fazla yüke maruz kalmasını sınırlandırarak, aşırı antrenman riskini

azaltırken, sporcunun genellikle önemli bir yarışma ya da müsabakaya denk gelen öngörülebilir bir zamanda zirveye ulaşma olasılığını artırır (Mujika, Halson, Burke, Balagué ve Farrow, 2018).

Klasik, doğrusal veya geleneksel güç, kuvvet periyodizasyon programlarının uzun vadeli programları yüksek hacimli-düşük yoğunluklu antrenmanla başlar ve düşük hacimli-yüksek yoğunluklu antrenmana doğru ilerleyebilir. Normal şartlarda tüm antrenman planının tamamlanması birkaç ay sürebilir. Eğer antrenman sürecinin devam etmesi gerekirse, yüksek hacimli-düşük yoğunluklu antrenmanla başlayan tüm plan tekrarlanarak sporcuya uygulanması sağlanır (Grgic, Lazinica, Mikulic ve Schoenfeld, 2018). Tipik olarak doğrusal periyodizasyon kapsamında oluşturulan planlamalarda, farklı hacimlerde ve yoğunluklarda farklı antrenman aşamaları yaklaşık 4-6 hafta sürebilir. Bu nedenle 4-6 haftalık antrenman süreci ağırlıklı olarak belirli bir antrenman bölgesiyle, örneğin set başına 8-10 veya 1-3 tekrarla antrenman yaparak geçirilebilir. Birçok doğrusal plandaki farklı antrenman aşamalarının belirli bir antrenman hedefi ve adı vardır, bunlar hipertrofi antrenmanı, kuvvet antrenmanı, kuvvet/güç antrenmanı ve güç antrenmanı olarak sınıflandırılabilir. Birçok doğrusal periyodizasyon programının hedeflerinden biri, genellikle güç aşaması olarak adlandırılan son antrenman aşamasından sonra kuvvet ve güç parametrelerinde zirve performansı elde etmek veya performansı en üst düzeye çıkarmaktır (Fleck, 2011).

Doğrusal olmayan periyodizasyonda ise antrenman yoğunluğu ve hacmi, gerekli görülmesi durumunda belirlenen hedef doğrultusunda çok daha sık aralıklarla değiştirilebilir (Fleck ve Kraemer, 2004; Kraemer ve Fleck, 2007). Esas olarak en yaygın şekilde kullanılan doğrusal olmayan periyodizasyon türü, günlük doğrusal olmayan periyodizasyon olarak adlandırılabilir. Bu periyodizasyon türünde antrenman yükü, birbirini takip eden her bir antrenmanda değiştirilir, yani yapılan antrenman sonrası gerçekleştirilecek diğer antrenman seansında set başına farklı sayıda tekrar gerçekleştirilebilir. En basit günlük doğrusal olmayan periyodizasyon örneği, 4-6, 8-10 ve 12-15 tekrar maksimum aralıkları gibi üç farklı tekrar aralıkları kullanılabilir ve her tekrar aralığı, haftada bir antrenman seansı için kullanılarak toplamda haftada üç antrenman seansı oluşturulabilir (Fleck, 2011). Ayrıca, antrenman hacminde ve yoğunluğunda bir değişiklik yapılmadan önce oluşturulan belirli bir set ve tekrar aralığına sahip antrenman programları, bir veya iki haftalık süreler boyunca doğrusal olmayan programlarda kullanılmıştır. Bu tür programlar genellikle haftalık veya iki haftada bir doğrusal olmayan periyodize planlar olarak tanımlanabilir (Mujika vd., 2018).

Kaynakça

- Açıkada, C. (2016). Antrenman Periyodizasyonu: Tarihsel Sürecin Bilim Boyutu. *Spor Bilimleri Dergisi*, 27(3), 133-148.
- Baacke, H., & Antrenmanı, V. (2008). Üst Düzey Koç ve Takımlar İçin El Kitabı. Pekünlü E.(Çev), 2.
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2021). Periodization of strength training for sports. Human Kinetics Publishers.
- Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). Periodization: Theory and Methodology of Training, 5th Edn Champaign. IL: Human Kinetics Publishers Inc.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C.,... & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *International journal of sports physiology and performance*, 12(s2), S2-161.
- Cissik, J., Hedrick, A., & Barnes, M. (2008). Challenges applying the research on periodization. *Strength & Conditioning Journal*, 30(1), 45-51.
- Cunanan, A. J., DeWeese, B. H., Wagle, J. P., Carroll, K. M., Sausaman, R., Hornsby, W. G.,... & Stone, M. H. (2018). The general adaptation syndrome: a foundation for the concept of periodization. *Sports medicine*, 48, 787-797.
- Fleck, S. J. (2011). Non-linear periodization for general fitness & athletes. *Journal of human kinetics*, 29, 41.
- Fleck SJ, Kraemer WJ. Designing Resistance Training Programs. Human Kinetic Publishing, 2004; Champaign, Illinois, 3rd edition.
- Grgic, J., Lazinica, B., Mikulic, P., & Schoenfeld, B. J. (2018). Should resistance training programs aimed at muscular hypertrophy be periodized? A systematic review of periodized versus non-periodized approaches. *Science & sports*, 33(3), e97-e104.
- Haff, G. G. (2004). Roundtable discussion: Periodization of training—Part 1. *Strength & Conditioning Journal*, 26(1), 50-69.
- Haff, G. G. (2004). Roundtable Discussion: Periodization of Training---Part 2. *Strength & Conditioning Journal*, 26(2), 56-70.
- Hellard, P., Avalos, M., Millet, G., Lacoste, L., Barale, F., & Chatard, J. C. (2005). Modeling the residual effects and threshold saturation of training: a case study

- of olympic swimmers. *The Journal of strength & conditioning research*, 19(1), 67-75.
- Issurin, V. B. (2016). Benefits and limitations of block periodized training approaches to athletes' preparation: a review. *Sports medicine*, 46(3), 329-338.
- Kiely, J. (2018). Periodization theory: confronting an inconvenient truth. *Sports Medicine*, 48(4), 753-764.
- Kraemer WJ, Fleck SJ. *Optimizing Strength Training Designing Nonlinear Periodization Workouts*. Human Kinetics Publishing, 2007; Champaign, Illinois.
- Lambert, M. I., Viljoen, W., Bosch, A., Pearce, A. J., & Sayers, M. (2008). General principles of training. *Olympic textbook of medicine in sport*, 1-48.
- Mujika, I., Halson, S., Burke, L. M., Balagué, G., & Farrow, D. (2018). An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports. *International journal of sports physiology and performance*, 13(5), 538-561.
- Stone, M. H., Hornsby, W. G., Haff, G. G., Fry, A. C., Suarez, D. G., Liu, J.,... & Pierce, K. C. (2021). Periodization and block periodization in sports: emphasis on strength-power training—a provocative and challenging narrative. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(8), 2351-2371.
- Turner, A. (2011). The science and practice of periodization: a brief review. *Strength & Conditioning Journal*, 33(1), 34-46.
- Wathen, D., T.R. Baechle, and R.W.Earle. Training variation: Periodization. In: *Essentials of Strength Training & Conditioning* (2nd. ed.). Baechle and Earle (eds.). Champaign, IL: Human Kinetics, 2000. pp. 513–527.
- Williams, T. D., Toluoso, D. V., Fedewa, M. V., & Esco, M. R. (2017). Comparison of periodized and non-periodized resistance training on maximal strength: a meta-analysis. *Sports medicine*, 47(10), 2083-2100.
- Yücel, S. B., Sayın, M., Vurgun, H., Gülmez, İ., Naçakan, G. R., Ergin, E.,... & Müniroğlu, S. (2020). Hareket ve Antrenman Bilimleri II. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Basımevi, 148-235.

İKİNCİ BÖLÜM

GÜÇ ANTRENMANLARI

Dr. Öğr. Üyesi Onur ŞENGÖL

Günümüzde büyük bir endüstri haline gelmiş olan spor; rekabet, başarı, reklam ve kitleleri peşinden sürüklenme konusunda önemli adımlarda bulunmuştur. Topluluklar bulundukları yerel bölgelerde sağlık ve kültürel etkileşim, uluslararası düzeyde yapılan spor organizasyonları ile mücadeleyi yaşamak ve yarışmak için bir araya gelerek sporun gücünü ön plana çıkartmaktadır. Bu durum da sponsorlar tarafından spora daha fazla yatırım yapılmasını sağlamaktadır. Sporun kavramsal olarak maddi bir kazanç sağlaması ve profesyonel bir bakış açısıyla icra edilmesi sebebiyle meslek olarak görülmesi, özellikle spora yatırım yapılması konusunda ülkeleri, kurum ve kuruluşları heyecanlandırmaktadır. Spor dalları içerisinde yer alan sporcuların başarılı olmaları, yatırımcılar için pozitif bir bakış açısı oluştururken bu işe gönül vermiş saha içerisinden ekranları başında yer alan herkesi bir arada tutma konusunda birleştirici bir özelliği bulunmaktadır. Yapılan yatırımlar, sporcuların ortaya sundukları performans seviyelerinin daha iyi olmasını ve gelişim için gerekli olan bilimsel çalışmaların sürdürülebilmesine olanak tanır.

Sporcuların elde etmiş oldukları başarılar; onur, itibar ve imaj sahibi olunmasında fayda sağlamaktadır. Bu yüzden sporun ve sporcunun ihtiyaçları göz önünde bulundurulması önemlidir. İhtiyaçlar doğrultusunda sporcuların mevcut performanslarını arttırabilmeleri, ulaştıkları seviyelerde koruyabilmeleri ve daha fazla üzerine koyarak başarılı olabilmeleri için fiziksel, fizyolojik ve psikolojik çalışmalara tabi tutulmaları gerekmektedir. Bu çalışmalar kuvvet, dayanıklılık, sürat, esneklik, denge ve birçok farklı motorik özellik üzerine uygun antrenman programı planlamaları yapılması gerekliliği oluşturmaktadır. Sporcuların yapmış oldukları spor branşının ihtiyacı doğrultusunda çalışırken performanslarını daha üst seviyelere taşıma gereksinimi her zaman bulunmaktadır. Özellikle sprint, sıçrama, ani yer ve yön değişiklikleri gibi anaerobik ortamda gerçekleştirilen hareketlerde güç çıktısı performansı etkileyen en büyük etken olmaktadır. Sporcuların yarışma içerisindeki bu eylemlerini daha iyi yerine getirebilmesi için güç özelliği üzerine ilgili çalışmalara da yönelinmesi, antrenmanların içeriğinde güç çalışmalarına yer verilmesi önerilmektedir. Bu bölümde güç antrenmanlarının kavramsal tanımı, içeriği, çeşitli antrenman yöntemleri, performansa etkisi ve planlama süreçlerine değinilmiştir.

2.1. Güç Kavramı

Sporcuların sergilemiş oldukları performansın en büyük belirleyicilerinden birisi kas gücünün büyüklüğüdür. Yarışma içerisinde bir sporcunun yapmış olduğu atletik hareketler, sporcunun motorik özelliklerindeki gelişim ile yakından ilişkilidir. Bu yüzden rakibine karşı üstünlük sağlama, en iyi dereceyi yapma, en yüksek ağırlığı kaldırma gibi farklı atletik eylemlerin istenilen şekilde yerine getirilebilmesi için kas gücünün geliştirilmesi önemlidir (Weyand, Sandell, Prime ve Bundle, 2010; McLellan vd., 2011; Nimphius, McGuigan ve Newton, 2010; Marques, Saavedra, Abrantes ve Aidar, 2011; Beckham vd., 2013). Güç özelliğinin ortaya çıktığı sprint, ağırlık kaldırma, sıçramalar ve yön değiştirmeler gibi atletik hareketlerde yüksek performans sergilemek için güç çalışmalarına yer verilmesi gerekmektedir. Güç, birim zamanda yapılan iş olarak ifade edilmektedir. Kuvvet ve hız özelliklerinin çarpılması güç çıktısının büyüklüğünü vermektedir (Newton ve Kraemer, 1994; Haff ve Nimphius, 2012).

Güç gelişiminde en önemli öğelerden birisi kuvvet olarak ifade edilmektedir. Kuvvet üretebilme miktarının yüksek olması daha yüksek miktarda güç ortaya çıkmasını sağlamaktadır (Baker, 2001; Stone, Moir, Glaister ve Sanders, 2002; Kawamori ve Haff, 2004). Kas kuvveti, gelişimi için gerekli olan yüksek ağırlıkta yapılan direnç çalışmaları ile gerçekleştiği görülebilir, fakat güç gelişimi için ihtiyaç duyulan hareketin yüksek bir hızda yerine getirilmesidir. Bu durumda kas kasılması hızındaki artışın sağlanabilmesi için daha düşük ağırlıklarla mümkün olan en yüksek hızda direnç uygulamalarına gerek duyulmaktadır. Bu bağlamda antrenman programlarının içerisine “patlayıcı direnç egzersizleri” diye ifade edilen düşük ve orta yükteki ağırlıklarla yüksek hızlarda yapılan çalışmalar eklenmesi önerilmektedir (Deschenes ve Kraemer, 2002; Kraemer ve Ratamess, 2004).

Patlayıcı kuvvet veya güç, bir tekniğin uygulanması esnasında harekete katılan kas gruplarının mümkün olan en kısa süre içerisinde maksimal düzeyde kuvveti ortaya çıkarabilmesi veya üretebilmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Newton ve Kraemer, 1994). Direnç hareketlerinin patlayıcı bir şekilde yerine getirilmesi 1 tekrar maksimal kapasitenin %30-70 aralığında yapıldığında maksimal güç çıktısını geliştirmede yarar sağladığı söylenebilir (Siegel, Gilders, Staron and Hagerman, 2002; McBride, Triplett-McBride, Davie ve Newton, 2002; Kraemer ve Ratamess, 2004).

2.2. Kuvvet Geliştirme Hızı (Kuvvet-Hız İlişkisi)

Kuvvet geliştirme hızı (rate of force development, RFD), bir kasın eyleme geçtiği esnadaki zaman diliminde ne kadar yüksek hızla kuvvet üretebildiğini ifade eden

nöromusküler performans özelliğidir. Yüksek yüklerin kaldırılabilmesi veya taşınabilmesi için maksimal kuvvet özelliği önem oluştururken, kuvvet geliştirme hızı ise sprint, sıçrama ve yön değiştirme gibi işin içerisinde patlayıcı hareketlerin bulunduğu uygulamalarda önem oluşturmaktadır (Maffiuletti vd., 2016). Kuvvet geliştirme hızı, nöral faktörler ve kasın yapısal özelliklerine bağlı olarak iki fizyolojik mekanizma sayesinde ortaya çıkmaktadır. Nöral faktörler, motor ünitelerin ateşlenme sıklığı, motor ünitelerin katılımı, sinir-kas koordinasyonu gibi durumlarken, kas yapısı özellikleri genellikle kas lif tiplerinin dağılımı, tendon sertliği gibi durumları kapsamaktadır. Patlayıcılık içeren sprint ve dikey sıçrama gibi hareketlerde kuvvet geliştirme hızı ilk 200 ms içerisinde gerçekleşen kas kasılması eyleminde kritik rol oynamaktadır (Gruber ve Zijlstra, 2021).

2.2.1. Kuvvet Geliştirme Hızı Antrenman Yöntemleri

- ✓ *Maksimal Kuvvet Antrenmanları:* Yüksek şiddette (%85-100) yapılan bu antrenman uygulamaları motor ünitelerin eyleme katılımını artırarak uzun süreli dönemde kuvvet geliştirme hızına katkılar sağlamaktadır (Suchomel, McKeown, Comfort ve Lake, 2021).
- ✓ *Hız ve Balistik Antrenmanlar:* Hafif ve orta yüklerde (%30-60) yüksek hızlarda yapılan hareketlerde kısa süre içerisinde yüksek kuvvet üretilmesi gerektiğinden, kuvvet geliştirme hızı üzerinde doğrudan etkili olduğu söylenmektedir (Comfort vd., 2019).
- ✓ *Olimpik Kaldırışlar:* Bar ile yapılan bu kaldırışlarda yüksek güç çıktıları ve yüksek hızda kuvvet üretimi gerçekleştirilmesinden dolayı hem erken hem de geç dönemde motor ünitelerin katılımı sayesinde kuvvet geliştirme hızı özelliği üzerinde olumlu etkiler oluşturmaktadır (Suchomel vd., 2022).
- ✓ *Hız Temelli Antrenman:* Güncel bir yaklaşım olarak kullanılmaya başlanan bu antrenman yöntemi, uygulama esnasında bar hızının anlık olarak ölçülmesi ile sporculara anlık olarak dönüşümler sağlanmasını ve antrenmanın istenilen hız bölgesinde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Bu durum kuvvet geliştirme hızı üzerinde uygulama esnasındaki yapılan takip ile olumlu katkılar vermektedir (Weakley vd., 2023).

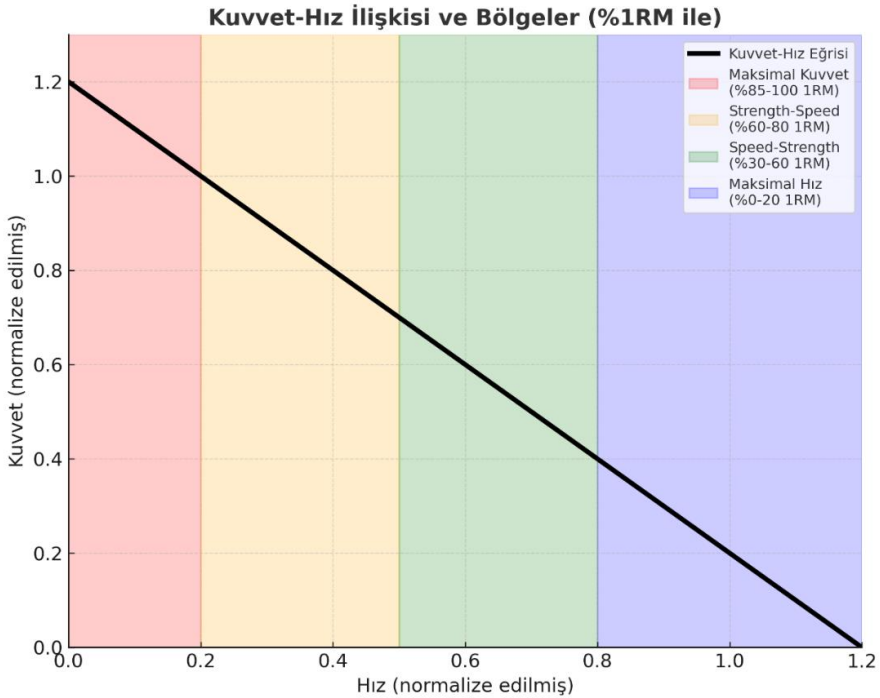
2.2.2. Kuvvet-Hız Eğrisi

Kuvvet-hız ilişkisi, kasın üretmiş olduğu kuvvet ile kasın kasılma eylemini gerçekleştirdiği esnadaki hız arasında meydana gelen ters orantıya sahip bir prensip olmaktadır. Hill (1938) tarafından ortaya atılan yüksek kuvvetin düşük hızlarda, yüksek hızın ise düşük kuvvetlerde üretilebileceği anlayışına dayanmaktadır. Buradan yola çıkarak yapılan çalışmalar ışığında “kuvvet-hız eğrisi” veya “kuvvet-

hız bölgeleri” antrenman bilimine kazandırılmıştır. Kazandırılan bu yeni teori ile gücün optimize edilerek ve sporcuların branşa özgü performans parametrelerini hedefleyerek kullanılması önerilmektedir (Cormie, McGuigan ve Newton, 2011). Kuvvet-hız eğrisi (Şekil 1), bir tarafında maksimal kuvvet diğer tarafında maksimal hız olacak şekilde bölgelere (Tablo 1) ayrılmaktadır. Bunlar (Samozino, Rejc, di Prampero, Belli ve Morin, 2012; Suchomel, Nimphius ve Stone, 2016; Grgic, Schoenfeld, Mikulic ve Latella, 2022);

Tablo 1. Kuvvet-hız bölgeleri

Bölge	Yük (1TM)	Hız	Hedef
<i>Maksimal Kuvvet Bölgesi</i>	%85-100	Çok Düşük	Maksimal kuvvet artışı ve motor ünitelerin katılımı
<i>Kuvvet-Hız Bölgesi</i>	%60-80	Orta	Yüksek kuvvetin orta hızda uygulanması
<i>Hız-Kuvvet Bölgesi</i>	%30-60	Yüksek	Orta yüklerin mümkün olan en yüksek hızda uygulanması
<i>Maksimal Hız Bölgesi</i>	%0-20	Maksimal	Sinir-kas sisteminin hız üretim kapasitesini geliştirmek



Şekil 7. Kuvvet-hız eğrisi grafiği

2.3. Güç Antrenman Değişkenleri

Patlayıcı performansın geliştirilmesi amaçlanan bu antrenman türünde kuvvet ve hız parametrelerinin bir arada kullanılması, etkili bir antrenman planlaması dahilinde güç gelişimi üzerinde olumlu etkiler göstereceği söylenebilir. Bu bağlamda güç antrenman değişkenleri hakkında bilgi sahibi olmak önemlidir. Bu değişkenler;

2.3.1. Antrenman Yüğü

Güç antrenmanlarında yük, orta ve yüksek olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmaktadır. Orta şiddette yapılan yüklenme 1 tekrar maksimal'in %30-60 aralığında olurken; yüksek şiddette yapılan yüklenme 1 tekrar maksimal'in %70-90 aralığında gerçekleştirilmektedir. Orta şiddette yapılan yüklenmeler yüksek hızlarda çalışılarak patlayıcılık artırılması hedeflenmektedir. Yüksek şiddette yapılan yüklenmelerde ise maksimal altı gerçekleşen bu çalışmalar kuvvet temelli gelişimi hedeflemektedir. Antrenman programları içerisinde her iki yüklenme şiddetinin farklı şekillerde kombine edilerek uygulanması önerilmektedir (Cormie, McGuigan ve Newton, 2011).

2.3.2. Hareket Hızı ve İtici Amaç (Intent)

Güç üretimi için gerekli olan parametrelerden sadece yük değil hız da önemli bir değişken olduğu söylenmektedir. Sporcular, egzersizler esnasında çalıştıkları ağırlık fark etmeksizin her tekrar esnasında mümkün olan en yüksek hızı gerçekleştirmeyi hedeflemektedirler. Bu durum sinir-kas sistemi üzerinde daha fazla uyum sağlamakla beraber özellikle motor ünite katılımı, ateşleme sıklığı ve erken aşamada kuvvet üretimi açısından önemli olmaktadır (Suchomel, Nimphius ve Stone, 2016).

2.3.3. Hareket Tekrar ve Set Sayıları

Güç antrenmanlarında tekrar sayılarının düşük veya orta seviyede tutulması önerilmektedir. Literatürde yer alan birçok çalışmada tekrar sayılarının 3-6 aralığında, set sayılarının da 3-6 aralığında olduğu görülmektedir. Bu koşulla, uygulanan egzersizin tükenişe gitmeden yüksek hızlarda gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Buradaki hedef yapılan çalışma sonucunda hipertrofik karşılık almak yerine hareketin yapılış niteliği korunarak yüksek hızlarda çalışmaya devam edilmesi ve güç çıktısının geliştirilmesidir (Haff ve Triplett, 2016).

2.3.4. Dinlenme Süreleri

Güç antrenmanlarında göz önünde bulundurulması gereken en önemli nokta enerji rezervlerinin tekrardan geri kazanılmasıdır. Bu sayede bir sonraki

yapılacak tekrar veya setlerde aynı verim seviyesinde güç kazanımının devam ettirilmesi sağlanmaktadır. Güç gelişimine yönelik programlar içerisinde dinlenme süresi olarak 2-5 dakika verilmesi önerilmektedir. Dinlenme aralığının daha kısa olduğu sürelerde hız ve güç kalitesinde düşüşler olduğu söylenebilir (Haff ve Triplett, 2016).

2.3.5. Antrenman Sıklığı

Antrenman sıklığı genellikle; sezonda bulunan evreye, sporcuların antrenman geçmişine ve performans seviyelerine göre değişkenlik göstermektedir. Yapılan çalışmalar haftada 2-4 gün aralığında güç antrenmanları yapılmasını önermektedir (Suchomel, Comfort ve Stone, 2018; Pareja-Blanco vd., 2020).

2.3.6. Egzersiz Seçimi

Çok eklemlili yapılan hareketler (squat, deadlift, clean, snatch vb.), balistik (jump squat, bench throw vb.) ve pliometrik (box jump, step up vb.) egzersizler farklı kuvvet-hız bölgelerinde seçilerek sinir-kas sisteminin daha fazla uyarılması sağlanabilir (Suchomel, Comfort ve Stone, 2018).

2.3.7. Antrenman Hacmi

Güç antrenmanlarında geleneksel direnç antrenmanları içerisinde daha düşük hacimde antrenmanın planlanması tercih edilmektedir. Buradaki amaç, yüksek hacimde hipertrofik yanıtlara ulaşmak yerine yapılan her bir tekrar yüksek nitelikte yerine getirilmesidir. Genellikle düşük hacim ve yüksek yoğunluk şekliyle güç antrenmanları tasarlanmaktadır (Cormie, McGuigan ve Newton, 2011).

2.3.8. Periyodizasyon

Maksimal kuvvet çalışmalarının yapıldığı evrenin hemen arkasından tercih edilmektedir. Burada, maksimal kuvvet döneminde kazanılan kuvvet gelişimi, hız ile birleştirilerek uygulanmakta ve patlayıcılık performansının geliştirilmesi hedeflenir. Güç antrenmanları periyodizasyonu doğrusal (lineer) ve dalgalı (non-linear) periyodizasyon şeklinde kullanılabilir (Suchomel, Comfort ve Stone, 2018).

2.4. Güç Antrenman Metodları

Sporcuların icra ettikleri spor branşlarındaki atletik performansları göz önüne alındığında uygulanacak antrenman programlarının verimlilik sağlaması gerekliliği bulunmaktadır. Özellikle güç performansının hemen hemen her spor branşında bulunan sıçrama, sprint, atma, vurma gibi birçok eylemi içermesinden dolayı tasarlanan antrenman programlarına dahil edilmesi etkili bir yöntem

olduğunu göstermektedir. Yapılan antrenmanlara bakıldığında yüksek yüklerle düşük hızlarda uygulanan kuvvet çalışmalarıyla düşük yüklerle yüksek hızlarda yapılan direnç ya da pliometrik çalışmaların birleştirilmesi (kombine halde kullanılması), patlayıcı kuvvet/güç isteyen eylemlerde atletik performansın önemli ölçüde geliştirilmesinde etkili olduğu ifade edilmektedir. Kombine edilen bu antrenman modellerindeki amaç; sprint, sıçrama, atma ve yön değiştirme gibi patlayıcılık içeren hareketlerdeki güç çıktısını geliştirmektir (Cormier, Freitas, Rubio-Arias ve Alcaraz, 2020). Bu bağlamda burada güç antrenmanlarında çoğunlukla kullanıldığı düşünülen güncel güç antrenman modellerinden bahsedilecektir.

2.4.1. Balistik Antrenmanlar

Balistik antrenmanlar, konsantrik kas kasılması aşamasında kaldırılan ağırlığın en yüksek hızla kasın hızlandırılmasını ve hareketin sonunda da kaldırılan ağırlığın yavaşlatılmasına izin vermeden hareketin bitirilmesini ifade eder. Direnç antrenmanlarında hareketin bitirilmesine doğru yük kontrol altına alınırken, balistik antrenmanlarda en yüksek hızla ivmelenmesinin sağlanması amaçlanır. Bu şekilde hareketin uygulanışında kasın yüksek impuls oluşturmaya olanak sağlar (Newton ve Kraemer, 1994; Suchomel, Lake ve Comfort, 2018). Kısaca balistik antrenmanlar, atma, atlama, çekme, itme, yön değiştirme gibi birçok eylemi kapsayan ve en kısa sürede en yüksek güç çıktısı ortaya koyabilme kapasitesi olarak ifade edilmektedir (Requena B., Garcia, Requena F., de Villarreal ve Cronin, 2011; Wahdan ve Abdelmnsaf, 2014; Suchomel, Lake ve Comfort, 2018). Bu egzersizler doğası gereği yüksek hızlarda yapılmasından dolayı diğer egzersizlere göre daha fazla güç ürettiği bilinmektedir. Balistik egzersizler spora özgü hareketlerin yüksek hızlarda yapılmasından ötürü pliometrik egzersizlere göre daha büyük bir yük aralığında uygulamaların yapılabilmesini sağlamaktadır. Patlayıcılığı hedefleyen bu antrenman metodunda sıçramalar, vurmalar, ağırlık atmalar gibi güç hareketlerini bünyesinde bulunduran bir antrenman metodu olmaktadır (Sevim, 1997; Moir, Munford, Moroski ve Davis, 2017). Balistik egzersiz hareketleri yüksek ivmeli yapılmasından dolayı hızlı kasılan tip II kas liflerinin daha etkili bir şekilde motor ünite katılımlarını sağladığı söylenmektedir (Cormie, McGuigan ve Newton, 2010). Kaslara giden uyarıların yüksek frekansta olması sinir sisteminin kasılma gücünü arttırdığını ifade edilir. Ayrıca ilk 50-200 ms içinde ortaya çıkan kuvvet miktarı sprint, sıçrama gibi eylemler için önem oluşturmaktadır (Suchomel, Lake ve Comfort, 2018).

2.4.1.1. Balistik Antrenman Değişkenleri

Yük: Antrenman programı içerisinde kullanılan yük miktarı genellikle 1 tekrar maksimal'in %25-40 aralığında olması gerektiği önerilmektedir. Buradaki amaç kuvvet üretimi esnasında yüksek hızlar altında egzersizi gerçekleştirmektir. Düşük yüklerde yapılan çalışmalarda erken aşamada daha yüksek kuvvet ve daha uzun süre hareketin hızının korunduğu söylenmektedir (Nakatani, Iwao, Otsuka ve Morishita, 2024).

Hareket Hızı: Bu antrenman metodunda temel amaç, hareketin mümkün olan en yüksek hız ve ivmeyle gerçekleştirilmesidir. Bu yüzden antrenmanlar esnasında kullanılan ağırlık miktarının sporcunun hızını olumsuz yönde etkilemeyecek şekilde seçilmesidir. Burada erken aşamada ortaya çıkan yüksek kuvvet üretimi için maksimum hareket hızının sağlanacağı şekilde uygulamalar yapılmalıdır. Literatürde kısa dinlenme aralığı verilerek tekrarların yapılmasının hareket hızını ve patlayıcılığı önemli ölçüde arttırdığını söylenmektedir (Zaras vd., 2020).

Tekrar ve Set Sayıları: Balistik çalışmalarda genellikle tekrar sayısının düşük veya orta seviyelerde tutulması önerilir. Bunun sebebi yüksek tekrar sayılarında enerji rezervlerinin tükenmesine bağlı olarak yorgunluk ve hareket hızındaki düşüş olduğu söylenmektedir. Literatür tükenişe gidilmesinin hipertrofiyi arttırmada yararlı olduğu fakat hız kalitesinde bozulmalar görüldüğünü ifade eder. Bu yüzden güç çıktısının geliştirilmesine yönelik yapılacak çalışmalarda tükenişe gidilmesinden uzak durulması önerilmektedir (Nakatani, Iwao, Otsuka ve Morishita, 2024).

Sıklık: Spor branşına ve antrenman dönemine bağlı olarak değişmekle beraber güncel çalışmalarda haftada 2-4 gün yapılmasının sprint ve dayanıklılık gibi özelliklerin performansları üzerinde geliştirici etkiye sahip olduğu söylenmektedir (Van Hooren, Cronin, Ross ve Samozino, 2024).

Dinlenme Aralıkları: Yüksek hızda uygulanan bu antrenmanlarda sinir sistemi ve kas yapısının yorgunlukla karşılaşması sonucu literatürde kısa dinlenme aralıkları verilerek gerçekleştirilen (inter-repetition rest) dinlenme prosedürünün kuvvet üretme konusunda olumlu katkılar sağladığı bildirilmiştir. Genellikle setler arasında 2-3 dakikalık dinlenmeler tekrardan sinir sisteminin toparlanmasını ve kaslarda yüksek hızda kuvvet oluşumunun gerçekleşmesini sağlamaktadır (Zaras vd., 2020).

Antrenman Hacmi: Balistik egzersizlerde hacim hesabının çok iyi yapılması gerekmektedir. Yüksek hacimde yorgunluğun oluşmasıyla teknik hatalarla sıklıkla karşılaşılması ortaya çıkacaktır. Yetersiz hacim ise uyaran şiddetinin

düşük kalmasına ve bu durum gelişmenin belli bir sınırlar içerisinde yer almasına neden olacaktır (Nakatani, Iwao, Otsuka ve Morishita, 2024).

Program Süresi: Yapılan çalışmalar sonucunda inter-repetition rest protokolü uygulanarak gerçekleştirilen antrenmanlarda yüksek kuvvet ve uzun dönemli planlamalarda dayanıklılık ve sprint özelliğinde performans gelişimi olduğu görülmüştür. Bu egzersizlerin antrenman planlaması içerisinde 6-8 haftalık bir dönemi kapsamı önerilmektedir (Zaras vd., 2020; Van Hooren vd., 2024).

2.4.2. Pliometrik Antrenmanlar

Pliometrik hareketler, kasların hızlı bir şekilde eksantrik kasılmasını takip eden süreçte konsantrik kasılma gerçekleştirerek yüksek yoğunlukta güç üretme kapasitesini geliştiren antrenman metodudur. Sprint, sıçrama, yön değiştirme gibi patlayıcı hareketlerin geliştirilmesinde kullanılan bir antrenman uygulaması olduğu ifade edilmektedir. Sporcularda patlayıcı kuvvet, nöromüsküler koordinasyon ve elastik enerji kullanımının verimli bir şekilde geliştirilmesinde etkili olmaktadır (Markovic ve Mikulic, 2010; Ramirez-Campillo, Moran ve Izquierdo, 2020).

Pliometrik antrenmanlar, yüksek yoğunlukta gerçekleştirilen çalışmalar olması sebebiyle uygulamalar esnasında merkezi sinir sistemi ve kas-tendon yapısı üzerinde yüksek stresler meydana getirmektedir. Bu bağlamda göz önünde bulundurulması gereken temel özellikler yer almaktadır. (1) Gerilme-kısalma döngüsü, eksantrik kasılma sonrası depolanan enerjinin konsantrik kasılma ile harekete dönüşmesi (Markovic ve Mikulic, 2010); (2) Nöromüsküler uyum, kas içiği duyarlılığında artma, motor ünite katılımında ve refleks cevaplarda hızlanma (Taube, Leukel ve Gollhofer, 2012); (3) Kas-Tendon özelliği, tendon sertliği ve kas elastisitesi ile güç transferinde öneme sahip olma (Burgess, Connick, Graham-Smith ve Pearson, 2007).

2.4.2.1. Gerilme-Kısalma Döngüsü

Gerilme-kısalma döngüsü, “stretch-shortening cycle, SSC” diye ifade edilmektedir. Hareketin oluşumunda büyük bir öneme sahip olan gerilme-kısalma döngüsü 3 faz şeklinde oluşmaktadır. Bunlar (Komi, 2000);

Eksantrik Faz: Kas dokusunun hızla gerildiği ve elastik enerjinin depolandığı aşama olmaktadır.

Amortisman Fazı: Eksantrik ve konsantrik kasılmanın arasında çok kısa bir sürede görülen geçiş aşamasıdır. Burada süre ne kadar kısa ise enerji kaybı o kadar az olmaktadır.

Konsantrik Faz: Eksantrik aşamada depolanan elastik enerjinin serbest bırakıldığı ve patlayıcı hareketin gerçekleştiği aşamadır.

2.4.2.2. Pliometrik Antrenman Değişkenleri

Yoğunluk: Pliometrik egzersizlerde uygulanan hareketlere göre yoğunluk değişkenlik göstermektedir. Burada seçilen egzersizlerin mekanik ve fizyolojik zorluk seviyesi, sıçrama yükseklikleri ve derinlikleri, yer temas süreleri, kullanılan ek ağırlıklar, hareketin farklı düzlemler üzerinde yapılması ve tek ayak-çift ayak çalışmaları yoğunluğu etkilemektedir. Derinlik sıçramaları yüksek yoğunlukta yapılan çalışmalar olurken, squat jump ya da ankle hop tarzı egzersizler daha düşük-orta yoğunlukta yapılan çalışmalar şeklinde olmaktadır (Chu ve Myer, 2013).

Hacim: Pliometrik çalışmalarda hacim hesabı uygulanan tekrar sayısı veya toplam yapılan sıçrama sayısı üzerinden hesaplanmaktadır. Başlangıç seviyesinde yer alan sporcular için 80-100 tekrar, orta seviye sporcular için 100-120 tekrar, ileri seviye sporcular için 120-140 tekrar önerilmektedir. Dikkat edilmesi gereken en önemli nokta aşırı yüklenme sonucu alt ekstremitede görülebilecek yaralanma riskidir (National Strength and Conditioning Association [NSCA], 2016).

Yüklenme Sıklığı: Yüksek yoğunlukta yapılan uygulamalar olması, toparlanma süresinin iyi planlanması noktasında önem oluşturmaktadır. Sıklık sayısının yüksek tutulması merkezi sinir sistemi üzerinde yorgunluk meydana getirmesinden dolayı hareketlerin tekrar uygulanışında verim düşüşlerine neden olacaktır. Bu bağlamda pliometrik egzersizlerin haftada 2-3 kez olacak şekilde tasarlanması önerilmektedir (Ramirez-Campillo, Garcia-Hermoso ve Izquierdo, 2018).

Dinlenme Süreleri: Güç çıktısının korunması uygulanan antrenmanlar içerisinde büyük öneme sahiptir. Tam toparlanmanın gerçekleşmesi antrenmanın devamında istenilen verim seviyesinin korunmasını ve devam ettirilmesini sağlayacaktır. Bu bağlamda setler arasında 2-4 dakika, hareketler arasında 5-10 saniye dinlenme süresinin verilmesi yapılan çalışmalar sonucunda önerilmektedir (Behm ve Sale, 1993). Ayrıca yapılan son çalışmalarda, güç ve yorgunluğun dengelenebilmesi için 1:1 ve 1:2 yüklenme-dinlenme oranları tercih edilirken, yüksek enerji tüketiminin olduğu kompleks pliometrik egzersizlerde daha uzun dinlenme süresi (>4-8 dakika) verilmesi gerekmektedir (Staniszewski, Tkaczyk, Keska, Zybko ve Mroz, 2024; Xie vd., 2024).

Egzersiz Seçimi: Pliometrik egzersizler seçilirken genellikle ilgili spor branşının ihtiyacı doğrultusunda olmasına dikkat edilmektedir (Davies, Riemann ve Manske, 2015). Egzersizler 3 başlık altında değerlendirilir. Bunlar;

- *Alt Ekstremité:* Squat jump, box jump, bounding vb.
- *Üst Ekstremité:* Medicine ball throw, clap push-up vb.
- *Çok Yönlü:* Lateral hops, rotational jumps vb.

Yer Temas Süresi: Yer ile temas süresinin gerilme-kısalma döngüsü için önemli bir role sahip olduğu söylenmektedir. Amaç, hızlı-reaktif pliometrik uygulamalar ise sprint ve çeviklik çalışmaları gibi kısa temas süreleri (<250 ms), halter çalışmaları gibi kuvvet odaklı pliometrik uygulamalar ise uzun temas süreleri (>250 ms) kullanılmalıdır (Flanagan ve Comyns, 2008).

Yüklenme İlerlemesi: Başlangıç seviyesinde çift ayak kendi vücut ağırlığı ve düşük yükseklikte kutu sıçramaları, orta seviyede tek ayak ve yön değiştirmeli sıçramalar, ileri seviyede serbest ağırlıklar ve derinlik sıçramaları antrenman programlarının içinde dahil edilmelidir (Chu ve Myer, 2013).

2.4.3. Olimpik Kaldırışlar

Olimpik kaldırışlar, kuvvet ve güç gelişimi için etkili bir yöntem olduğu bilinmektedir. Halter sporu ile ilgilenen sporcular için önemli bir yer tutan olimpik kaldırışlar, performans sergileyen tüm sporcular için önemli bir kondisyonel çalışma olarak kendini göstermektedir. Olimpik kaldırışlardaki dinamik yapı ve yüksek güç çıktıları, patlayıcı hareket gerektiren spor branşları içerisinde kullanılması önerilmektedir (Garhammer, 2023). Olimpik kaldırışlar; koparma (snatch) ve silkme (clean and jerk) olarak iki başlık altında değerlendirilmektedir. Her iki teknikte çok eklem ve çok kas grubunun devreye girdiği, yüksek hız ve kuvvet içeren kompleks hareketlerdir (Chiu ve Schilling, 2022).

Koparma (Snatch): Bar'ın tek bir hareket ile baş üstüne kaldırıldığı tekniktir. Yüksek koordinasyon, eklem mobilitesi ve yüksek hız üretimi gerektirir. Ortalama 4000-6000 W arasında bir güç çıktısı ortaya çıkmaktadır.

Silkme (Clean and Jerk): İlk aşamasında bar'ın omuzların hemen önüne alındığı, ikinci aşamasında bar'ın baş üstüne kaldırıldığı iki aşamalı tekniktir. Yüksek ağırlıkların kaldırılmasında rol oynamaktadır. Ortalama 5000-7000 W arasında bir güç çıktısı ortaya çıkmaktadır.

2.4.3.1. Olimpik Kaldırış Antrenman Değişkenleri

Yoğunluk: Teknik geliştirme ve öğretim amacıyla gerçekleştirildiğinde 1 tekrar maksimal'in %50-70 aralığında; güç gelişimi hedeflendiğinde 1 tekrar maksimal'in %70-85 aralığında; maksimal kuvvet ve yüksek güç çıktısı istendiğinde 1 tekrar maksimal'in %85-95 aralığında uygulanması önerilmektedir. Yapılan çalışmalar en yüksek güç çıktısına %70-90 aralığında yapılan yüklenmeler sonucunda ulaşıldığını bildirmektedir (Haff ve Triplett, 2016; Suchomel, Nimphius ve Stone, 2022).

Tekrar Sayısı: Sporcuların teknik yorgunluk yaşamadan istenilen hız ve güçte tekrarları yapmaları hedeflenir. Teknik odaklı yapılan çalışmalarda 3-6 tekrar, kuvvet ve güç odaklı çalışmalarda 1-3 tekrar ve yoğun yükleme hedeflenen dönemlerde ise tek tekrar yapılması önerilmektedir (Chiu ve Schilling, 2022).

Set Sayısı: Başlangıç seviyesinde 2-4 set, orta ve ileri seviyeye sahip sporcularda 4-6 set, elit sporcularda ise 6 set ve üzeri uygulanmaktadır (Chiu ve Schilling, 2022).

Dinlenme Süresi: Yapılan çalışmalar yorgunluğu en aza indirmek ve güç çıktılarını korumak için dinlenme sürelerinin 1:2 oranında ya da daha uzun sürelerde olması gerekliliğini göstermektedir. Kuvvet ve güç çalışmalarında dinlenme 2-5 dk, maksimal yük ve kompleks çalışmalarda dinlenme 3-8 dk arasında planlanması önerilmektedir (Staniszewski vd., 2024; Xie vd., 2024).

Tempo: Olimpik kaldırışlarda çekiş ve itiş aşamalarındaki hızlanma, tempoyu belirlemede önem oluşturmaktadır. Konsantrik fazda maksimal hız uygulanırken, eksantrik fazda kontrollü ancak hızlı geçişler sürdürülmeye devam edilmelidir (Weakley vd., 2023).

Antrenman Sıklığı: Başlangıç aşamasındaki sporcularda haftada 2-3 gün, orta ve ileri seviye sporcularda haftada 3-4 gün, elit halter branşında yer alan sporcularda haftada 5-6 gün doğru bir antrenman planlamasıyla yapılabilir (Haff ve Triplett, 2016).

Hacim: Yapılan toplam kaldırış sayısı ve kaldırılan toplam ağırlık ile açıklanmaktadır. Hazırlık döneminde 1 tekrar maksimal'in %60-75 aralığında yüksek hacim (çok tekrar) şeklinde, müsabaka döneminde %80-95 aralığında düşük hacim (az tekrar), yüksek yoğunluk şeklinde uygulanabilmektedir (Haff ve Triplett, 2016).

2.4.4. Hız Temelli Antrenmanlar (Velocity-based Training)

Hız temelli antrenmanlar, direnç çalışmalarında yük ve yoğunluğun bar'ın hareket hızına göre ölçülerek düzenlendiği bir yöntemdir. Geleneksel kuvvet antrenmanlarına kıyasla gün içerisinde performansı olumsuz etkileyecek etkenlere dikkat edilerek uygulama esnasında gerçek zamanlı yük ayarlanmasının yapılmasını sağlamaktadır. Hız temelli antrenmanlarda istenilen hız bölgesinde çalışılması hedeflenerek sporcunun anlık durumuna göre yük değişimi, antrenmanın hacminin ayarlanması olanakları sunmaktadır. Bu antrenman metodu, hareketin yapılış hızı ve relatif yük arasındaki ilişkiye dayanarak uygulanmaktadır (Gonzalez-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010; Gonzalez-Badillo, Marques ve Sanchez-Medina, 2011). Antrenman esnasında tekrar sayısı yükseldikçe yapılan konsantrik eylem sonucunda yorgunluk ortaya çıkacak ve bar hızında düşüşler meydana gelecektir (Izquierdo vd., 2006; Sanchez-Medina ve Gonzalez-Badillo, 2011). Özellikle patlayıcılık ya da yüksek hız gerektiren spor branşlarında performans açısından düşüşler görülebilecektir (Gonzalez-Badillo, Rodriguez-Rosell, Sanchez-Medina, Gorostiaga ve Pareja-Blanco, 2014). Hız temelli çalışmalarda, karşılaşılabilecek bu durumların önüne geçilebilmesi adına yük üzerinde manipüle edici davranışlar sergilenir. Bu durum hız kaybının önüne geçilerek istenilen kuvvet-hız eğrisi bölgesinde çalışılmasını sağlayacaktır (Izquierdo, Exposito, Garcia-Pallare, Medina, Villareal, 2010). Teknolojik gelişmeler, antrenmanlarda uygulanan hız temelli çalışmalarda kullanılan cihazlar ve yazılımları sayesinde birçok farklı değer hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlamaktadır. Bu değişkenler; (1) ortalama hız, (2) zirve hız, (3) ortalama konsantrik hız ve (4) hız kaybı gibi antrenmanın şiddetinin belirlenmesi ve takip edilmesi konusunda önemli yer tutan değişkenlerdir. (1) Ortalama hız, tekrarlar boyunca hareketin ortalama hızı; (2) zirve hız, tekrarlar içerisinde anlık olarak ortaya çıkan en yüksek hız; (3) ortalama konsantrik hız, konsantrik aşamadayken meydana gelen ortalama hız; (4) hız kaybı, sete başlandığında ilk tekrarla birlikte alınan ve sonraki tekrarlarla kıyaslanan hız düşüş yüzdesi olarak ifade edilir (Weakley vd., 2023).

2.4.4.1. Hız Temelli Antrenman Uygulamalarında Kullanılan Cihazlar

Hız temelli çalışmalarda hareketin hızını ölçmek için kullanılan birçok cihaz bulunmaktadır. Bu cihazlar laboratuvar ve saha olmak üzere farklı çeşitlere ayrılmaktadır. En sık kullanılan cihazlar;

2.4.4.1.1. Lineer Pozisyon Transdüserleri (LPT)

Kabloya bağlı bir sensör ile bar'ın dikey hareketini ölçerek hızının hesaplanmasında yardımcı olan cihazdır. Kullanım amacı, genellikle bilimsel

araştırmalar ve elit spor takımlarında performans değerlendirmesi yapılması içindir. Örnek olarak; Tendo Unit ve GymAware PowerTool cihazları verilebilir (Banyard, Tufano, Delgado, Thompson ve Nosaka, 2017; Garcia-Ramos ve Jaric, 2018).

2.4.4.1.2. İvmeölçer Tabanlı Giyilebilir Cihazlar (IMU)

Küçük, taşınabilir, bar veya sporcunun vücuduna sabitlenerek kullanılan sensörlerdir. Hareket esnasında oluşan ivme ve açısal hızın ölçülmesiyle bar hızının tahmin edilmesini sağlar. Kablosuz olması saha uygulamaları için pratik bir kullanım oluşturmaktadır. Örnek olarak; Push Band, Beast Sensor, BarSensei cihazları verilebilir (Orange vd., 2020; Weakley vd., 2021).

2.4.4.1.3. Optik ve Kamera Tabanlı Sistemler

Bar'ın hareketini kızılötesi ışık, lazer ya da kamera görüntüsüyle yakalayıp konumunu ve hızını hesaplayan cihazlardır. Kablosuz olması ve bar ile temasının bulunmaması avantaj sağlamaktadır. Örnek olarak; Flex (GymAware optik sistemi), VmaxPro cihazları verilebilir (Jovanovic ve Flanagan, 2014; Banyard vd., 2017).

2.4.4.1.4. Laboratuvar Sistemleri

Hareket analizi için en hassas yöntemlerden birisi olarak kabul edilen 3D Motion Capture (Vicon vb.) ve hız, güç ve kuvvet çıktılarının birlikte ölçülmesini sağlayan Force Plate + Motion Capture Kombinasyonu sistemleri laboratuvar ortamlarında altın standart karşılaştırmaları için kullanılan yöntemler olmakla birlikte yüksek maliyete ve düşük taşınabilirlik durumuna sahiplerdir (Banyard vd., 2017; Garcia-Ramos ve Jaric, 2018).

2.4.4.1.5. Mobil Uygulamalar

Video analiz tabanlı mobil uygulamalar, akıllı telefonlar ya da tabletler ile video kaydı alınarak yazılım üzerinden bar hızının hesaplanmasında kolaylık sağlayan uygulamalardır. Maliyet konusunda uygun ve erişebilir olmalarının yanı sıra ölçüm doğrulukları ölçümü yapanların tecrübelerine bağlı olarak profesyonel cihazlara göre daha düşüktür. Örnek olarak; MyLift, Iron Path, Kinovea mobil uygulamaları verilebilir (Weakley vd., 2021).

2.4.5. Kompleks (Complex) Antrenmanlar

Kompleks antrenman, bir antrenman uygulamasında geleneksel direnç antrenmanına yönelik bir hareket ile hareket modeli olarak benzerlik gösteren bir pliometrik egzersizin peş peşe uygulanması olarak ifade edilmektedir. Örnek

olarak, kuvveti geliştirmeye yönelik yapılan squat hareketinden sonra squat jump hareketinin uygulanması, bench press hareketinden sonra sıçramalı şınav hareketinin uygulanması verilebilir. Bu antrenman modeli atletik performansı geliştirmeye yönelik optimal verim sağlayan bir yapıya sahip olduğu söylenebilir. Burada yüksek seviyede nöromüsküler etkinlikten dolayı kuvvet-hız üretiminde etki göstermektedir. Kompleks antrenman uygulaması, mekanik olarak benzer form gösteren yüksek şiddette yapılan kuvvet hareketinin yüksek hızda düşük yoğunlukta yapılan güç egzersiziyle birlikte bir set üzerinden yapılması prensibiyle uygulanmaktadır (MacDonald, Lamont ve Garner, 2012; Stasinaki vd., 2015). Kompleks antrenmanlar, kasların istemli bir şekilde kasılması ile yapılan maksimal veya maksimale yakın bir şiddette gerçekleştirilen kuvvet ve güç performansının yükselmesinde rol oynayan aktivasyon sonrası potansiyasyon (postactivation potentiation, PAP) mekanizmasına dayanmaktadır. Bu metod, konsantrik kas kasılması ile yapılan kuvvet antrenmanı sonrası hız içeren bir hareketin hemen yapılmasını ifade etmektedir (Andrew, 2004; Hodgson, Docherty ve Robbins, 2005; Tillin ve Bishop, 2009). PAP, maksimal ya da maksimale yakın şiddette yapılan eylemlerde kas gücünde ve performansında akut gelişmeler sağlayan başlangıç kas aktivasyonu olarak tanımlanmaktadır (Doma, Sinclair, Hervert ve Leicht, 2016; Borba, Ferreira-Junior, dos Santos, do Carmo ve Coelho, 2017). Miyozin düzenleyici hafif zincir fosforilasyonu, motor ünitelerin artan gücü ve kas lifi pennasyon açısı değişikliği, PAP'ı etkileyen 3 önemli mekanizma olarak ifade edilmektedir (Esformes ve Bampouras, 2013). Bu mekanizmalar içerisinde miyozin düzenleyici hafif zincir fosforilasyonu mekanizmasında, kas kasılmasının başlamasıyla beraber kalsiyum salınımı yükselmekte ve aktin-miyozin etkileşiminin artmasıyla çapraz köprü oluşmaktadır. Bu durum güç verimini arttırmakta ve performansı yükseltmektedir (Exonofondos vd., 2010; Esformes ve Bampouras, 2013; Kilduff, Finn, Baker, Cook ve West, 2013). Sonuç olarak kompleks antrenman modelinin, geleneksel direnç antrenmanı ve pliometrik egzersizlerin birleştirilerek uygulanmasıyla pliometrik egzersizlerin çalışma prensibi gerilme-kısalma döngüsüyle beraber kasılma hızı ve kas kuvveti üzerine etki sağlayarak gücü geliştirmede öneme sahip olduğu söylenebilir (Özdemir, 2009).

2.4.6. Kontrast (Contrast) Antrenmanlar

Kontrast antrenman, direnç antrenmanı programı içerisinde düşük ve yüksek yoğunluğun aynı anda kullanılmasını kısaca ifade etmektedir. Kontrast antrenmanda zıt yükler olan hafif ve ağır yüklerin setten sete değişerek peş peşe uygulanmasını içermektedir. Bu durum kas gücünü arttırmaya yönelik fizyolojik süreçte farklı tipte motor ünitelerin daha fazla katılımının sağlanmasını

gerçekleştirmektedir (Garcia-Pinillos, Martinez-Amat, Hita-Contreras, Martine-Lopez ve Latorre-Roman, 2014). Bu antrenman modelinde, %80 ve üzeri ağırlıklarla yapılan hareketten sonra %40-50 aralığa sahip bir yük ile bir sonraki setin uygulanması prensibine dayanmaktadır. Burada yüksek ağırlıklarla yapılan uygulama ile kas kuvvetini geliştirmek hedeflenirken daha düşük ağırlıklarla yapılan uygulamada daha yüksek hızda çalışma yapılarak güç çıktısı verimliliğini nöral adaptasyonlarla sağlanması gerçekleştirilir (Cormie, McGuigan ve Newton, 2011; Bompa, 2013). Kontrast antrenman programında yüksek yüklerle yapılan kuvvet çalışmasının akabinde düşük yüklerle yapılan kuvvet çalışması veya pliometrik bir egzersiz tercih edilerek yapılabilir. Önemli olan farklı yüklere sporcunun maruz kalmasıyla kas dokusu üzerindeki stresi arttırmak ve kuvvet-hız gelişimini kombine ederek kullanmaktadır (Fathi vd., 2019; Cormier, Freitas, Rubio-Arias ve Alcaraz, 2020).

2.5. Güç Antrenmanlarının Fizyolojik Etkileri

Güç antrenmanları, insan organizmasında çok yönlü fizyolojik uyumlara yol açarak performans kapasitesini artırmaktadır. Kas dokusu düzeyinde, düzenli direnç yüklenmeleri miyofibril protein sentezini uyarak kas kesit alanını büyümekte ve buna bağlı hipertrofik adaptasyonlar meydana getirmektedir (Grgic, Schoenfeld ve Latella, 2019). Nöromusküler açıdan bakıldığında, motor ünite aktivasyonunun artması, sinirsel uyarı ateşleme hızının yükselmesi ve kas grupları arasındaki koordinasyonun gelişmesi, erken dönemde ortaya çıkan en belirgin kazanımlar arasında yer almaktadır (Suchomel, Nimphius ve Stone, 2018). Ayrıca kas-tendon yapılarında sertlik ve elastik özelliklerdeki iyileşmeler, kuvvet üretiminin daha verimli aktarılmasına katkı sağlamaktadır (Kubo, Ikebukuro, Yata ve Tsunoda, 2021). Metabolik düzeyde, fosfokreatin depolarındaki artış ve glikolitik enzimlerin daha etkin çalışması, yüksek yoğunluklu egzersizlerde enerji sağlama kapasitesini güçlendirirken, oksidatif sistemdeki adaptasyonlar toparlanma süreçlerini hızlandırmaktadır (Schumann vd., 2020). Bunun yanında testosteron, büyüme hormonu ve IGF-1 gibi anabolik hormonların akut yükselişi, protein sentezi ve kas dokusunun yeniden yapılanmasını destekleyerek antrenmana verilen adaptif yanıtı kuvvetlendirmektedir. Güç antrenmanlarının fizyolojik etkileri yalnızca kas hacmini artırmakla sınırlı kalmamakta; sinir sistemi, bağ dokusu, metabolik yollar ve endokrin cevapları kapsayan bütüncül bir uyum sürecini ifade etmektedir (Mangine vd., 2017).

2.6. Güç Antrenmanlarının Atletik Performansa Etkileri

Güç antrenmanlarının atletik performans üzerindeki etkileri, güncel sistematik derlemeler ve meta-analizlerde açıkça ortaya konmuştur. Araştırmalar, farklı direnç antrenmanlarının (örneğin, yüksek yüklenmeli kuvvet çalışmaları, pliometrik egzersizler, olimpik kaldırışlar) maksimum kuvvet ve patlayıcı güç performansında olumlu etkiler sağladığı gözlemlenmiştir (Grgic, Schoenfeld ve Mikulic, 2022; Chaabene, Prieske ve Granacher, 2022). Özellikle pliometrik egzersizlerin kısa mesafe sprint ve sıçrama performansını artırmada etkili olduğu, olimpik kaldırış ve hız temelli antrenmanların ise güç-hız eğrisi üzerinde önemli katkılar oluşturduğu söylenmektedir (Weakley vd., 2021; Chaabene, Prieske ve Granacher, 2022). Ayrıca, farklı yöntemlerin birlikte uygulanması (yüksek yüklenme + pliometri) hem maksimal kuvvet hem de hızlı kuvvet üretimini geliştirmede tek yapılan uygulamalara kıyasla daha avantajlı olduğunu belirtmektedir (Grgic, Schoenfeld ve Mikulic, 2022). Bununla birlikte, adaptasyonların büyüklüğü spor branşı, antrenman süresi, katılımcıların yaş ve deneyim seviyesi ile uygulanan antrenman program değişkenlerine bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Suchomel, Nimphius ve Stone, 2018). Bu noktada, güç antrenmanlarının bireye ve spora özgü planlama yapılması, yüklenmenin objektif biçimde değerlendirilmesi için hız temelli antrenman yaklaşımlarının son zamanlarda ön plana çıktığı ve önerildiği ifade edilmektedir (Weakley vd., 2021).

2.7. Güç Antrenmanlarının Yaralanma Üzerindeki Rolü

Güç antrenmanlarının performans geliştirmedeki etkilerinin yanı sıra sporcularda yaralanma riskini azaltıcı bir işlevi de olduğu söylenmektedir. Direnç egzersizleri, kas kuvvetini arttırmanın yanında tendon ve bağ dokularının yapısal dayanıklılığını geliştirerek eklem stabilitesine katkı sağlamakta ve bu sayede aşırı yüklenmeye bağlı sakatlıkların önüne geçilmesinde rol oynamaktadır (Lauersen, Thor E. Andersen ve Lars B. Andersen, 2018). Literatürde yer alan meta-analizlerde, düzenli kuvvet antrenmanları yapılmasının spor yaralanmalarında belirgin düzeyde azalmalar sağladığı, özellikle alt ekstremitte odaklı programların diz ve ayak bileği sakatlıklarını önlemede etkili olduğu gösterilmektedir (Lauersen, Bertelsen ve Andersen, 2014). Bunun yanı sıra, güç antrenmanlarının kaslar arasındaki dengesizlikleri azaltması ve proprioseptif kontrolü geliştirmesi sayesinde temas dışı yaralanmalara karşı koruyucu etki oluşturduğu belirtilmektedir (Myer, Sugimoto, Thomas ve Hewett, 2022). Güncel bulgular, genç sporcularda uygun koşullarda gerçekleştirilen kuvvet egzersizlerinin yalnızca güvenli olmakla kalmadığını, uzun vadede yaralanma oranlarını da düşürdüğünü ortaya koymaktadır. Bu yüzden güç antrenmanlarının sadece performansı arttırıcı bir antrenman yöntemi olarak değil aynı zamanda etkili bir

yaralanma önleme stratejisi olarak da değerlendirilmesinin gerektiği söylenebilir (Lesinski, Prieske ve Granacher, 2016).

2.8. Güç Performansını Değerlendirme ve Ölçüm Yöntemleri

Tablo 2. Güç performansını değerlendirme testleri

Test	Ölçtüğü Özellik	Avantajları	Sınırlılıkları	Uygulama Ortamı
1 Tekrar Maksimum (1TM)	Maksimal kuvvet	Doğrudan ölçüm, basit uygulama, yüksek geçerlilik	Sakatlık riski, yeni başlayanlar için uygun değil	Spor salonu / Saha
İzokinetik Dinamometre	Kas kuvveti ve tork (farklı açısal hızlarda)	Ekleme özgü ölçüm, kuvvet dengesizliklerini tespit eder	Pahalı ekipman, saha uygulamasına uygun değil	Laboratuvar
Dikey Sıçrama Testleri (CMJ, SJ, DJ)	Alt ekstremitte patlayıcı güç	Kolay uygulanır, saha için uygun, yüksek güvenilirlik	Sadece alt vücut gücünü ölçer, teknik farklılıklar sonucu etkileyebilir	Saha / Laboratuvar
Wingate Anaerobik Testi	Anaerobik güç ve kapasite	Standartlaştırılmış, anaerobik kapasiteyi iyi ölçer	Laboratuvar ekipmanı gerekli, saha için pratik değil	Laboratuvar
İzometrik Orta Çekiş (IMTP)	İzometrik kuvvet üretim kapasitesi	Elit sporcular için güvenilir, kuvvet profili çıkarır	Teknik öğrenme gerektirir, özel ekipman ihtiyacı vardır	Laboratuvar / Elit spor salonları
Medicine Ball Atış Testleri	Üst vücut patlayıcı güç	Spora özgü, kolay uygulanabilir, saha koşullarına uygun	Standartlaştırma zor (top ağırlığı, teknik farklılıklar), geçerliliği sınırlı	Saha / Spor salonu

2.9. Spora Özgü Örnek Antrenman Programları

Tablo 3. Futbol branşına yönelik örnek güç antrenman programı

Gün / Egzersiz	Set x Tekrar	Yoğunluk	Dinlenme	Amaç
1. Gün – Alt Vücut Maksimal Kuvvet				
<i>Back Squat</i>	4 × 4	%80-85	2-3 dk	Maksimal Kuvvet
<i>Romanian Deadlift</i>	3 × 6	%70-75	2 dk	Posterior Zincir
<i>Walking Lunges</i>	3 × 10	Orta Ağırlık	90 sn	Denge ve Kuvvet
<i>Calf Raise</i>	3 × 12-15	Vücut Ağırlığı	60 sn	Alt Eks. Stabilitesi
2. Gün – Üst Vücut Güç				
<i>Bench Press</i>	4 × 5	%75-85	2-3 dk	Üst Vücut Kuvvet
<i>Pull-up</i>	3 × 6-8	Vücut Ağırlığı	2 dk	Sırt Kuvveti
<i>Push Press</i>	3 × 5	%70-80	2 dk	Patlayıcı Kuvvet
<i>Dumbbell Row</i>	3 × 10	Orta Ağırlık	90 sn	Denge
3. Gün – Pliometrik ve Spora Özgü Güç				
<i>Box Jump</i>	4 × 6	Vücut Ağırlığı	90 sn	Alt Vücut Gücü
<i>Bounding</i>	3 × 20 m	Vücut Ağırlığı	90 sn	Sprint Gücü
<i>Medicine Ball Slam</i>	3 × 10	Hafif/Orta Top	60–90 sn	Üst Vücut Gücü
<i>Lateral Hops</i>	3 × 12	Vücut Ağırlığı	60 sn	Denge-Yön Değiştirme

Tablo 4. Basketbol branşına yönelik örnek güç antrenman programı

Gün / Egzersiz	Set x Tekrar	Yoğunluk	Dinlenme	Amaç
1. Gün – Alt Vücut Patlayıcı Kuvvet				
<i>Back Squat</i>	4 × 5	%80	2-3 dk	Alt Vücut Kuvvet
<i>Bulg. Split Squat</i>	3 × 8	Orta Ağırlık	90 sn	Denge-Tek Bacak Gücü
<i>Box Jump</i>	4 × 6	Vücut Ağırlığı	90 sn	Dikey Sıçrama
<i>Calf Raise</i>	3 × 12-15	Orta Ağırlık	60 sn	Patlayıcı Sıçrama
2. Gün – Üst Vücut Kuvvet ve Core				
<i>Bench Press</i>	4 × 5	%75-85	2 dk	Üst Vücut Kuvvet
<i>Pull-up</i>	3 × 8	Vücut Ağırlığı	90 sn	Sırt Kuvveti
<i>Med. Ball Chest Pass</i>	3 × 10	Hafif/Orta Top	60 sn	Pas Gücü
<i>Plank + Rotasyon</i>	3 × 30 sn	Vücut Ağırlığı	60 sn	Core Stabilesi
3. Gün – Pliometrik ve Kondisyon				
<i>Depth Jump</i>	3 × 8	Vücut Ağırlığı	90 sn	Reaktif Güç
<i>Band Lateral Shuffle</i>	3 × 20 sn	Elastik Bant	60 sn	Çeviklik, Yön Değişt.
<i>Medicine Ball Slam</i>	3 × 12	Hafif/Orta Top	60 sn	Üst Vücut Güç
<i>Sprint (10-20 m)</i>	6 tekrar	Maksimal Hız	90 sn	Hız ve Çeviklik

Tablo 5. Yüzme branşına yönelik örnek güç antrenman programı

Gün / Egzersiz	Set x Tekrar	Yoğunluk	Dinlenme	Amaç
1. Gün – Alt Vücut ve Core Stabilite				
<i>Deadlift</i>	4 × 4	%80	2-3 dk	Alt Vücut Kuvvet
<i>Split Squat</i>	3 × 8	Orta Ağırlık	90 sn	Stabilite ve Kuvvet
<i>SwissBall Hamst. Curl</i>	3 × 12	Vücut Ağırlığı	60 sn	Posterior Zincir Akt.
<i>Plank</i>	3 × 30-45 sn	Vücut Ağırlığı	60 sn	Core Dayanıklılığı
2. Gün – Üst Vücut Çekiş ve İtme				
<i>Pull-up</i>	4 × 6-8	Vücut Ağırlığı	2 dk	Çekiş Kuvveti
<i>Lat Pulldown</i>	3 × 10	Orta Ağırlık	90 sn	Sırt Kuvveti
<i>Bench Press (dar tutuş)</i>	3 × 6-8	%70-75	2 dk	Üst Vücut Kuvvet
<i>Med. Ball Over. Throw</i>	3 × 8	Hafif/Orta Top	60 sn	Stroke Gücü
3. Gün – Patlayıcı Güç ve Pliometrik				
<i>Jump Squat</i>	3 × 6-8	Vücut Ağırlığı	90 sn	Alt Vücut Güç
<i>Push Press</i>	3 × 5	%70	2 dk	Üst Vücut Güç
<i>Medicine Ball Slam</i>	3 × 10	Hafif Top	60 sn	Rotasyonel Kuvvet
<i>Broad Jump</i>	4 × 6	Vücut Ağırlığı	90 sn	Patlayıcı Kuvvet

2.10. Güç Antrenmanları Tasarım Değişkenleri

Tablo 6. Güç antrenmanlarının sezonun evresine göre planlanması

Değişken	Sezon Dışı (Hazırlık Dönemi)	Sezon İçi (Müsabaka Dönemi)
Amaç	Maksimal kuvvet, kas kütlesi, Patlayıcı güç gelişimi	Performansın korunması, yorgunluğun azaltılması
Yoğunluk	%70-90 (yüksek)	%60-80 (orta)
Set Sayısı	4-6 set	2-4 set
Tekrar Sayısı	3-8 tekrar (düşük-orta)	4-10 tekrar (orta)
Egzersiz Seçimi	Çok eklemlili temel hareketler (squat), olimpik kaldırışlar, pliometrikler	Daha az hacimli, spora özgü, koruyucu egzersizler
Haftalık Frekans	3-5 gün	1-2 gün
Hacim	Yüksek (Progressive overload ile artış)	Düşük-orta (performans düşüşünü önlemek için)
Dinlenme Araları	2-4 dk (Maksimal yüklenmeler için)	1-3 dk (Orta yüklenmeler için)
Ek Hedefler	Hipertrofi, kuvvet temeli, enerji sistemlerinin geliştirilmesi	Yaralanma önleme, toparlanma, yoğun maç temposuna uyum
Örnek Egzersizler	Squat, Deadlift, Power Clean, Bench Press, Plyo Drill	Split Squat, Core Stabilitate, Medicine Ball, Hafif Pliometrik

Tablo 7. Güç antrenmanlarının birim antrenman içeriğinin planlaması

Değişken	Açıklama	Önerilen Uygulama (Genel)
Isınma	Kas-iskelet sistemi hazırlığı, Sakatlık riskini azaltma	10-15 dk dinamik esneme, mobilité, düşük şiddetli egzersiz
Ana Egzersizler	Çok eklemlili temel kuvvet hareketleri (squat, deadlift, bench press vb.)	3–5 hareket, 3–6 set, %70–90
Yardımcı Egzersizler	Spora özgü, izole ya da destekleyici kas gruplarına yönelik egzersizler	2–4 hareket, 2–4 set, %60–75
Pliometrik / Patlayıcı Güç	Kasların hızlı kasılma kapasitesini geliştiren egzersizler (box jump, medicine ball slam vb.)	2–3 egzersiz, 3–5 set, 6–10 tekrar
Set – Tekrar	Hedefe bağlıdır (kuvvet, hipertrofi, güç, dayanıklılık)	Kuvvet: 3–6 set × 3–6 tekrar Güç: 3–5 set × 3–5 tekrar
Yoğunluk	Maksimal kuvvet veya güç gelişimine göre belirlenir	Kuvvet: %75–90 Güç: %30–60 (yüksek hızla)
Dinlenme Süresi	Fosfojen sistemin yenilenmesi ve performansın korunması için kritik	Maksimal kuvvet: 2–5 dk Güç: 2–3 dk Hipertrofi: 60–90 sn
Hacim	Yapılan toplam tekrar × set × yük	Amaç ve döneme bağlı olarak düşük–orta–yüksek
Süre	Tek birim antrenman süresi (ısınma + ana kısım + soğuma)	60–90 dk
Soğuma / Esneme	Kas gerginliğini azaltma, Toparlanmayı destekleme	5–10 dk hafif tempo + Statik esneme

Kaynakça

- Baker, D. (2001). Comparison of upper-body strength and power between professional and college-aged rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 30-35.
- Banyard, H.G., Tufano, J.J., Delgado, J., Thompson, S.W. and Nosaka, K. (2017). Comparison of the validity and reliability of velocity-based training devices. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 381–391.
- Beckham, G., Mizuguchi, S., Carter, C., Sato, K., Ramsey, M., Lamont, H., Hornsby G., Haff G. and Stone, M. (2013). Relationships of isometric mid-thigh pull variables to weightlifting performance. *J Sports Med Phys Fitness*, 53(5), 573-581.
- Behm, D.G. and Sale, D.G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine*, 15(6), 374–388.
- Bompa, T.O. (2013). *Sporda çabuk kuvvet antrenmanı*. Ankara: Spor Yayın Evi ve Kitapevi.
- Borba, D.A., Ferreira-Júnior, J.B., dos Santos, L.A., do Carmo, M.C. and Coelho, L.G.M. (2017). Effect of post-activation potentiation in Athletics: a systematic review. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 19(1), 128-38.
- Burgess, K.E., Connick, M.J., Graham-Smith, P. and Pearson, S.J. (2007). Plyometric vs. isometric training influences on tendon properties and muscle output. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 986–989.
- Chaabene, H., Prieske, O. and Granacher, U. (2022). Effects of resistance training on physical fitness in youth athletes: A systematic review. *Sports Medicine*, 52(2), 257–275.
- Chiu, L.Z. and Schilling, B.K. (2022). A primer on weightlifting: From sport to sports training. *Strength & Conditioning Journal*, 44(1), 40–53.
- Chu, D.A. and Myer, G.D. (2013). *Plyometrics*. Human Kinetics.
- Comfort, P., Dos'Santos, T., Thomas, C., McMahon, J.J., Suchomel, T.J. and Jones, P.A. (2019). An investigation into the effects of strength training on the rate of force development. *Sports Medicine*, 49(11), 1629–1647.

- Cormie, P., McGuigan, M.R. and Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 2 - Training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125–146.
- Cormie, P., McGuigan, M.R. and Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1 – Biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38.
- Cormie, P., McGuigan, M.R. and Newton, R.U. (2010). Developing maximal neuromuscular power. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38.
- Cormier, P, Freitas, T.T., Rubio-Arias, J.A. and Alcaraz, P.E. (2020). Complex and contrast training: Does strength and power training sequence affect performance-based adaptations in team sports? A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(5), 1461–1479.
- Davies, G., Riemann, B.L. and Manske, R. (2015). Current concepts of plyometric exercise. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(6), 760–786.
- Deschenes, M.R. and Kraemer, W.J. (2002). Performance and physiologic adaptations to resistance training. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11), S3-S16.
- Doma, K., Sinclair, W.H., Hervert, S.R. and Leicht, A.S. (2016). Postactivation potentiation of dynamic conditioning contractions on rowing sprint performance. *J Sci Med Sport.*, 19(11), 951-6.
- Esformes, J.I. and Bampouras, T.M. (2013). Effect of back squat depth on lower-body postactivation potentiation. *J Strength Cond Res.*, 27(11), 2997-3000.
- Fathi, A., Hammami, R., Moran, J., Borji, R., Sahli, S. and Rebai, H. (2019). Effect of a 16-week combined strength and plyometric training program followed by a detraining period on athletic performance in pubertal volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(8), 2117-2127.
- Flanagan, E.P. and Comyns, T.M. (2008). The use of contact time and the reactive strength index to optimize fast SSC training. *Strength and Conditioning Journal*, 30(5), 32–38.
- Garcia-Pinillos, F., Martinez-Amat, A., Hita-Contreras, F., Martine-Lopez, E.J. and Latorre-Roman, P.A. (2014). Effects of a contrast training program without external load on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility of

- young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2452-2460.
- García-Ramos, A. and Jaric, S. (2018). Two-velocity method for estimating the one-repetition maximum: A review. *Sports Medicine*, 48(3), 631–646.
- Garhammer, J. (2023). Power production by Olympic weightlifters. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 55(2), 285–293.
- González-Badillo, J.J. and Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347-52.
- González-Badillo, J.J., Marques, M.C. and Sanchez-Medina, L. (2011). The importance of movement velocity as a measure to control resistance training intensity. *Journal of Human Kinetics*, 29, 15-9.
- González-Badillo, J.J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E.M. and Pareja-Blanco, F. (2014). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, 14(8), 772-781.
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Mikulic, P. and Latella, C. (2022). Effects of velocity-based training on strength, power, and performance: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 52(6), 1345–1367.
- Grgic, J., Schoenfeld, B.J. and Latella, C. (2019). Resistance training frequency and skeletal muscle hypertrophy: A review of available evidence. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(3), 361–370.
- Grgic, J., Schoenfeld, B.J. and Mikulic, P. (2022). Effects of plyometric and resistance training on explosive performance: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 52(3), 453–471.
- Gruber, M. and Zijlstra, A. (2021). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 121(12), 3281–3298.
- Haff, G.G. and Triplett, N.T. (Eds.). (2016). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4th ed.). Champaign: Human Kinetics.
- Haff, G.G. and Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), 2-12.

- Hill, A.V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 126(843), 136–195.
- Izquierdo, M., Exposito, R.J., Garcia-Pallare, J., Medina, L. and Villareal, E. (2010). Concurrent endurance and strength training not to failure optimizes performance gains. *Sci Sports Exerc*, 42(6), 1191-1199.
- Izquierdo, M., González-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ibanez, J., Kraemer, W. J., Altadill, A., Eslava, J. and Gorostiaga, E. (2006). Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *International Journal of Sports Medicine*, 27(09), 718-724.
- Jovanović, M. and Flanagan, E.P. (2014). Researched applications of velocity based strength training. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 22(2), 58–69.
- Kawamori, N. and Haff, G.G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 675- 684.
- Kilduff, L.P., Finn, C.V., Baker, J.S., Cook, C.J. and West, D.J. (2013). Preconditioning strategies to enhance physical performance on the day of competition. *Int J Sports Physiol Perform.*, 8(6), 677-81.
- Komi, P.V. (2000). Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33(10), 1197–1206.
- Kraemer, W.J. and Ratamess, N.A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(4), 674-688.
- Kubo, K., Ikebukuro, T., Yata, H. and Tsunoda, N. (2021). Effects of resistance training on tendon properties in humans. *Sports Medicine*, 51(4), 641–652.
- Lauersen, J.B., Andersen, T.E. and Andersen, L.B. (2018). Strength training as superior, dose-dependent and safe prevention of acute and overuse sports injuries: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(1), 67–79.
- Lauersen, J.B., Bertelsen, D.M. and Andersen, L.B. (2014). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: A systematic review and meta-analysis of RCTs. *British Journal of Sports Medicine*, 48(11), 871–877.

- Lesinski, M., Prieske, O. and Granacher, U. (2016). Effects and dose–response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 781–795.
- MacDonald, C.J., Lamont, H.S. and Garner, J.C. (2012). A comparison of the effects of 6 weeks of traditional resistance training, plyometric training, and complex training on measures of strength and anthropometrics. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 422–31.
- Maffiuletti, N.A., Aagaard, P., Blazevich, A.J., Folland, J., Tillin, N. and Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 1091–1116.
- Mangine, G.T., Hoffman, J.R., Gonzalez, A.M., Townsend, J.R., Wells, A.J., Jajtner, A. R., Beyer, K.S., Boone, C.H., Wang, R., Miramonti, A.A., LaMonica, M.B., Fukuda, D.H., Witta, E.L., Ratamess, N.A. and Stout, J.R. (2018). Exercise-induced hormonal responses and adaptations to resistance training. *Sports Medicine*, 48(3), 645–660.
- Markovic, G. and Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40(10), 859–895.
- Marques, M.C., Saavedra, F.J., Abrantes, C. and Aidar, F.J. (2011). Associations between rate of force development metrics and throwing velocity in elite team handball players: a short research report. *Journal of Human Kinetics*, 29, 53–57.
- McBride, J.M., Triplett-McBride, T., Davie, A. and Newton, R.U. (2002). The effect of heavy-vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(1), 75- 82
- Moir, G.L., Munford, S.N., Moroski, L.L. and Davis, S.E. (2017). The effects of ballistic and nonballistic bench press on mechanical variables. *The Journal of Strength and Condition Research*, 32(12), 3333–3339.
- Myer, G.D., Sugimoto, D., Thomas, S. and Hewett, T.E. (2022). The influence of resistance training on injury risk in youth: A critical review. *Sports Health*, 14(2), 133–141.

- Nakatani, M., Iwao, Y., Otsuka, M. and Morishita, Y. (2024). Effect of ballistic light-load training on muscle size, strength, and endurance in collegiate judo athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 9(1), 7.
- National Strength and Conditioning Association (NSCA). (2016). *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Human Kinetics.
- Newton, R.U. and Kraemer, W.J. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength and Conditioning Journal*, 16(5), 20-31.
- Nimphius, S., McGuigan, M.R. and Newton, R.U. (2010). Relationship between strength, power, speed, and change of direction performance of female softball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 885-895.
- Orange, S.T., Metcalfe, J.W., Marshall, P., Vince, R.V., Madden, L.A. and Liefieith, A. (2020). Test–retest reliability of a commercial linear position transducer (GymAware PowerTool) to measure velocity and power in the back squat and bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(10), 2919–2925.
- Özdemir, S. (2009). *14-16 yaş grubu erkek futbolcularda kompleks antrenman programının patlayıcı güç, kuvvet, sürat ve çeviklik gelişimine etkisi* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans). Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pareja-Blanco, F., Rodriguez-Rosell, D., Aagaard, P., Sanchez-Medina, L., Ribas-Serna, J., Mora-Custodio, R., Otero-Esquina, C., Yanez-Garcia, J.M. and Gonzalez-Badillo, J.J. (2020). Time course of recovery from resistance exercise with different velocity loss. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(4), 1–10.
- Ramirez-Campillo, R., García-Hermoso, A. and Izquierdo, M. (2018). Effects of plyometric training volume and training surface on explosive strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(4), 1119–1130.
- Ramirez-Campillo, R., Moran, J. and Izquierdo, M. (2020). Plyometric training in young soccer players: Physical performance, neuromuscular adaptations, and health outcomes. *Frontiers in Physiology*, 11, 569.
- Requena, B., García, I., Requena, F., De Villarreal, E.S. and Cronin, J.B. (2011). Relationship between traditional and ballistic squat exercise with vertical

- jumping and maximal sprinting. *The Journal of Strength and Condition Research*, 25(8), 2193-2204.
- Samozino, P., Rejc, E., di Prampero, P.E., Belli, A. and Morin, J. B. (2012). Optimal force–velocity profile in ballistic movements—Altius: Citius or Fortius? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(2), 313–322.
- Sanchez-Medina, L. and González-Badillo, J.J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(9), 1725-1734.
- Schumann, M., Küüsmaa, M., Newton, R.U., Sirparanta, A.I., Syväoja, H.J., Häkkinen, K. and Häkkinen, A. (2020). Fitness and lean mass increases during combined training independent of loading order. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52(3), 664–672.
- Sevim, Y. (1997). *Antrenman bilgisi*. Ankara: Tutibay Yayınları.
- Siegel, J.A., Gilders, R.M., Staron, R.S. and Hagerman, F.C. (2002). Human muscle power output during upper-and lower-body exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(2), 173-178.
- Staniszewski, M., Tkaczyk, J., Kęska, A., Zybko, P. and Mróz, A. (2024). Effect of rest duration between sets on fatigue and recovery after short intense plyometric exercise. *Scientific Reports*, 14(1), 13608.
- Stasinaki, A.N., Gloumis, G., Spengos, K., Blazeovich, A.J., Zaras, N., Georgiadis, G., Karampatsos, G. and Terzis, G. (2015). Muscle strength, power, and morphologic adaptations after 6 weeks of compound vs. complex training in healthy men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(9), 2559-2569.
- Stone, M.H., Moir, G., Glaister, M. and Sanders, R. (2002). How much strength is necessary? *Physical Therapy in Sport*, 3(2), 88-96.
- Suchomel, T.J., Comfort, P. and Stone, M.H. (2018). Combining ballistic and strength training modes: A systematic review. *Sports Medicine*, 48(5), 1059–1081.
- Suchomel, T.J., Lake, J.P. and Comfort, P. (2018). Force-time differences between ballistic and non-ballistic half-squats. *Sports*, 6(3), 79.
- Suchomel, T.J., McKeown, I., Comfort, P. and Lake, J. (2021). The importance of maximal strength and velocity-based training for improving RFD. *Strength & Conditioning Journal*, 43(5), 91–100.

- Suchomel, T.J., Nimphius, S. and Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449.
- Suchomel, T.J., Nimphius, S. and Stone, M. H. (2022). The role of Olympic weightlifting in improving rate of force development. *Sports Medicine*, 52(2), 205–220.
- Taube, W., Leukel, C. and Gollhofer, A. (2012). How neurons make us jump: The neural control of stretch-shortening cycle movements. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 40(2), 106–115.
- Van Hooren, B., Cronin, J.B., Ross, A. and Samozino, P. (2024). Improving sprint and endurance performance: The role of ballistic, explosive, and heavy resistance training. *Sports Medicine*, 54, 1881–1904.
- Wahdan, N. and Abdelmnsef, A. (2014). Effects of ballistic resistance training on swimming start. *Theories & Applications, The International Edition*, 4(2), 99-102.
- Weakley, J. J., Mann, B.P., Banyard, H.G., McLaren, S.J., Scott, T.J., Garcia-Ramos, A. and Stone, M.H. (2023). Velocity-based training: From theory to application. *Sports Medicine*, 53(1), 41–59.
- Weakley, J.J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T., Garcia-Ramos, A. and Stone, M. (2021). Velocity-based training: From theory to application. *Sports Medicine*, 51(9), 1781–1796.
- Weyand, P.G., Sandell, R.F., Prime, D.N. and Bundle, M.W. (2010). The biological limits to running speed are imposed from the ground up. *Journal of Applied Physiology*, 108(4), 950-961.
- Xenofondos, A., Laparidis, K., Kyranoudis, A., Galazoulas, C., Bassa, E. and Kotzamanidis, C. (2010). Post-activation potentiation Factors affecting it and the effect on performance. *Citius Altius Fortius*, 28(3), 32.
- Xie, L., Chen, H., He, H., Zhu, Q., Wang, L. and Wang, J. (2024). Exploring the potent enhancement effects of plyometric and complex post-activation performance enhancement methods on vertical jump: A systematic review with meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 15, 1435011.
- Zaras, N., Spengos, K., Methenitis, S., Stasinaki, A.N., Manta, P., Terzis, G. and Georgiadis, G. (2020). Effects of traditional and inter-repetition rest resistance training on lower-body strength, rate of force development, and muscle architecture. *Applied Sciences*, 11(1), 45.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YAŞ VE SEVİYEYE GÖRE ANTRENMAN UYGULAMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Meltem ÖZAĞIR

Çocuk ve gençlerde sportif hareketlerin gelişimi psikomotor gelişim dönemleri içerisinde gerçekleşmektedir. Psikomotor gelişim döneminde çocukların beceri gelişimi ortaya çıkmaktadır. Özellikle ilköğretim dönemi içerisinde spora katılım oldukça önemlidir. Özellikle beden eğitimi derslerinin içeriklerinde motor gelişime katkı sağlayacak çalışmaların yer alması oldukça önemlidir (Harmandar, 2004). Çocukların ve ergenlerin günlük yaşamları içerisinde oyun, spor, rekreasyon, beden eğitimi ve planlı egzersizler ile aktif olmaları önerilmektedir (World Health Organization, 2010).

Dünya sağlık örgütü yapılan çalışmalarda çocuk ve gençlerde orta ve yüksek şiddette egzersiz yapmanın hastalıklara karşı koruma ve sağlıklı yaşam sürmede etkili olduğunu bildirmektedir. Çocuklar ve gençler için tasarlanan spor programları kısa vadede fiziksel zindeliği, uzun vadede ise sağlıklı ve aktif bir yaşam tarzını benimsetmeyi hedeflemektedir (World Health Organization, 2010).

3.1. Çocuk ve Gençlerde Dayanıklılık Antrenmanları

Dayanıklılık performansının temelinde aerobik kapasite, oksijen tüketimi ve mekanik verimlilik kavramları yer almaktadır. Çocuklarda kardiyovasküler sistem ergenlik ile birlikte 12 yaşından itibaren kalp hacminin büyüme hızında artış gerçekleşmektedir. Ergenlik dönemi boyunca akciğer hacminde artış ile beraber solunum sistemi ve solunum kasları gelişim gösterir. Kız ve erkek çocuklar ile kıyaslandığında erkeklerin lehine bir gelişim görülmektedir. Gençlerde antrenman süreci ve seviyesine bağlı olarak akciğer kapasitesi, solunum hacmi ve diğer değişkenler antrenman yapmayanlara göre çok daha fazladır. Ergenlik dönemi boyunca kalp ve dolaşım sistemi sürekli olarak gelişimine devam eder ve dayanıklılık antrenmanlarını sürdürebilecek düzeye gelir (Dündar, 2016). Aerobik güç özellikle erkek çocuklarda kız çocuklarına kıyasla kronolojik yaşa bağlı olarak gelişme göstermektedir. 8-12 yaşları arasında akciğer ağırlığının %58, aerobik gücün %49, vital kapasitenin %48 oranında artmaktadır (Rowland, 1996).

Çocuk ve gençlerde dayanıklılık antrenmanlarının ilkeleri:

- Dayanıklılık antrenmanları ile çocuk ve gençlerde aerobik kapasite geliştirilmelidir.

- Uygulanan mesafeler çocukları ve gençleri zorlayıcı düzeyde olmamalıdır. Okul öncesi ve 1. okul döneminde en fazla 600 metre, ortaokul döneminde en fazla 1200 metre olacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Kızlarda 12-13, erkeklerde 13-14 yaşlarında aerobik verim en iyi şekilde antrene edilebilir.
- Dayanıklılık antrenmanlarında içerik yoğunluğu az, kapsamı geniş olacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Çocuklarda ise çalışmalar oyun temelli uygulanmalıdır.
- Özellikle çocukluk döneminde dayanıklılık antrenmanlarında yüklenmeler farklılıklar içermeli ve kısa süreli olmalıdır.
- Dayanıklılık antrenman temposu antrenör tarafından belirlenmelidir.
- Belli sürelerde ölçüm ve testler yapılmalı, sonuçlar değerlendirilmelidir (Muratlı, 1991).

Çocukluk dönemi örnek dayanıklılık çalışmaları:

- Mini takım oyunları,
- Doğayı ve hayvanları taklit ederek yapılan koşular (ayı, tavşan, kurbağa, kanguru),
- 600 metre -1200 metre farklı tempo koşuları,
- Yön değiştirme çalışmaları,
- Bisiklete binme,
- Orman ve kır koşuları (Yüce, 2020).

Gençlik dönemi örnek dayanıklılık çalışmaları:

- Takım oyunları
- 1500 metre ve 2000 metre temposu değişen koşular,
- Arazi koşuları,
- Yaklaşık 20 dakikayı bulan sürekli koşu çalışmaları,
- Stafet ve bayrak yarışları (Yüce, 2020).

3.2. Çocuk ve Gençlerde Sürat

Kişinin en kısa sürede ve en yüksek hızda vücudunu ya da vücudunun bir bölümünü bir yerden bir yere hareket ettirebilme becerisine sürat denir. Spor bilimlerinde sürat olarak tanımlanırken, fizikte hız ($\text{hız} = \text{yol} / \text{zaman}$) olarak ifade edilir (Muratlı, Şahin, Kalyoncu, 2005).

Sürati etkileyen birçok parametre vardır. Bunlar;

- Kas fibril tipi miktarı (FT),
- Vücut kompozisyonu,
- Merkezi sinir sistemi düzeyi,
- Kas içi ve kaslar arası koordinasyon becerisi,
- ATP-CP enerji depoları,
- Reaksiyon sürati,
- Maksimal kas kuvveti,
- Aerobik dayanıklılık seviyesi
- Esneklik gibi parametreler sürati etkilemektedir (Gamble, 2011).

Sürat kendi içerisinde 4 basamakta incelenir:

Reaksiyon sürati; bir uyarana karşı en kısa zaman dilimi içerisinde geliştirilen tepki süresidir. Reaksiyon sürati her yaşta geliştirilebilir bir yetidir (Weineck, 2011).

İvmelenme sürati; ivmelenmenin meydana gelmesi için mutlak bir kuvvet etkisine ihtiyaç vardır. Süratin artış hızı ivme olarak ifade edilir. İvmelenme pozitif ve negatif yönde gerçekleşir. Süratin artması koşullarda adım frekansı ve adım uzunluğunun uyumlu işleyişine bağlıdır (Muratlı, Şahin ve Kalyoncu, 2005).

Maksimal sürat; mümkün olan ve üretilen en yüksek hızdır. Maksimum sürat sırasında uzuv rotasyonu ve kas kasılmalarının hızı çok yüksektir ve bu durum organizmaya ciddi düzeyde stres yükler. Bu nedenle maksimum hız antrenmanları yaralanmanın önüne geçebilme açısından oldukça önemlidir ve antrenman programlarında yer almalıdır (Jeffs, 2014).

Süratte devamlılık; ortaya çıkan sürati koruyabilme özelliğidir. Süratte devamlılık yetisini antrenman ile geliştirebilmek mümkündür. Glikojen ve

kreatin fosfat (CP) depolarının düzeyine bağlıdır (Muratlı, Şahin, Kalyoncu, 2005).

Çocuğun bedensel ve zihinsel yeteneklerinin gelişiminde miyalinleşme önemlidir. Sinir hücresinin aksonunu saran miyalin kılıfın kalınlaşmasına miyalinleşme denir. Miyalinleşme hamileliğin 16. haftasında başlar. Doğumdan sonra 1 yıl boyunca hızlı bir şekilde devam eder. En hızlı gelişim dönemi ise ergenlik dönemidir. Miyalin kılıf sayesinde taşınan sinirsel ileti hızlanır ve bu nedenle ergenlik dönemi sportif becerinin gelişimden en etkili dönemdir (Çolakoglu, 2018).

Çocukların günlük yaşamda oynadıkları oyunlar genellikle kısa süreli sürat içerir. Özellikle oyunlarda sprint becerisi, adım sayısı ve adım uzunluğu oldukça fazla yer almaktadır. Bu nedenle çocuk ve genç antrenmanlarında çalışılması ve antrene edilmesi gereken önemli bir özelliktir (Van Praagh, 1998). 0-6 yaş aralığında edinilen psikomotor gelişimler ve merkezi sinir sistemi gelişimi çocuğun alt ve üst ekstremitelerini koordineli olarak hareket ettirebilmesini sağlar. 6 yaşından sonra ise daha önceki yaşlarda kazanılan temel hareketler ve motor beceriler, sürat özelliğini arttırmak amaçlı tasarlanan oyunlarla ve egzersizlerle birleştirilmelidir (Thomas, 2003). 6-11 yaşları arasında özellikle sinir sisteminin gelişimine bağlı olarak çabukluk ve sürat özellikleri de gelişim gösterir. Çocuğun büyüme süreciyle beraber 12-15 yaşları arasında reaksiyon zamanı ve çeviklik özellikleri önemli düzeyde gelişim gösterir. 14 yaş itibari ile erkek çocuklarında artan testosteron seviyesine ve hormonların gelişimine bağlı olarak kuvvet gelişimi olur. Erkek çocuklarında ergenlik döneminde sürat gelişimi devam ederken kızlarda plato oluşturur. Sürat hem kız hem erkek çocuklarda merkezi sinir sisteminin gelişiminden önce antrene edilebilir. Erkek çocuklarında Postpuberte dönemine girildiğinde sürat belirgin düzeyde artar, kız çocuklarında ise puberte sonu postpuberte başında en yüksek kazanıma ulaşılır (Van Praagh, 1998).

Çocuklarda sürat ve koordinasyon gelişimi birbiri ile bağlantılıdır. Antrenmanlar sayesinde spora yeni başlayan bir çocuk kaslarını en iyi nasıl koordine edeceğini ve kullanabileceğini öğrenir.

Sporcu da ise sürat gelişimi iki (2) aşamada gerçekleşir:

Hızlanma aşaması,

Kazanılan maksimum hızı koruma (Collins, 2009).

Süratin gelişimini sağlamak için çocuklara yönelik en iyi egzersiz sprint koşularıdır. Performans hızı supramaksimal (%100 üzeri), maksimal (%100),

submaksimal (%96-99) olabilir. Performans süresi ise kullanılan enerji sistemine göre ATP-CP enerji olarak kullanılıyorsa 1-6 saniye uygulanırken, dinlenme ATP-CP depolarının yenilenmesi için tekrarlar arası 3 dakika, setler arasında ise 10-12 dakika olarak tasarlanmalıdır. Sürat özelliğinin geliştirilebilmesinde antrenmanda verilen uyarıların değişiklik içermesi oldukça önemlidir. Bu kapsamda adım sıklığının, adım uzunluğunun, süratin ve kullanılan materyalin kütesinin değiştirilmesi gerekmektedir (Van Praagh, 1998).

Sürat antrenmanlarının programlanmasında yeni başlayanlar için haftalık antrenmanlarda bir (1) ya da iki (2) sürat egzersizleri yer almalıdır. İlerleyen süreçte ise egzersiz sayısı artırılarak teknik gelişim sağlayacak çalışmalara yer verilmelidir. Ardından haftalık programda yer alan birim antrenman sayısı artırılmalı ve müsabaka dönemine yaklaşıldığında ise haftalık programda egzersizlerin birim antrenman sayısı azaltılmalıdır (Gamble, 2011).

3.2.1. Ergenlik Öncesi Sürat Antrenmanları

Ergenlik öncesi çocuklarda sürat becerisini oyun formları ile geliştirebiliriz. Tercih edilebilecek sürat oyunları; Farklı pozisyonlarda sürat çalışmaları, Yer değiştirme oyunları, Stafet ve yakalama oyunları, Sprint koşuları, Kademeli arttırma çalışmaları (Bompa ve Carrera, 2015).

Tablo 8. Ergenlik öncesi sürat antrenmanlarının içeriği ve yapısı

Antrenmanın içeriği	Kapsamı	Tekrar sayısı	Dinlenme süresi (dakika)
Sürat antrenmanları	10-50 m	4-6	3-4
Oyun	20-30 dk	1-2	-
Yarışma	10-15 m	3-5	2-3
Yön değiştirmeler	5-15 m	4-8	2-3

(Bompa ve Carrera, 2015)

3.2.2. Ergenlik Süresince Sürat Antrenmanları

Ergenlik özellikle büyümenin hızlı ve fazla olduğu bir dönemdir. Hızlı boy uzamasına bağlı olarak koşu esnasında ayağın yerde kalma süresi uzar. Ayağın yerde kalma süresinin uzamaması için çok yönlü koordinasyon çalışmalarına yer verilmelidir (Murath, Şahin ve Kalyoncu, 2005).

Tablo 9. Ergenlik öncesi sürat antrenmanlarının içeriği ve yapısı

Antrenmanın içeriği	Kapsamı	Tekrar sayısı	Dinlenme süresi (dakika)
Sürat antrenmanları	20-50 m	5-8	4-5
Yarışma	10-30 m	4-6	2-3
Yön değiştirmeler	5-25 m	5-10	2-3

(Bompa ve Carrera, 2015)

3.2.3. Ergenlik Sonrası Sürat Antrenmanları

Ergenlik sonrasında sürat antrenmanları planlarken koordinatif ve kondisyonel yönden herhangi bir sınırlamanın olmadığı çalışmalara yer verilmeye dikkat edilmelidir (Muratlı, Şahin ve Kalyoncu, 2005).

Tablo 10. Ergenlik sonrası sürat antrenmanlarının içeriği ve yapısı

Antrenmanın içeriği	Mesafe (metre)	Tekrar sayısı ve set	Dinlenme süresi (dakika)	Haftalık birim antrenman
Başlangıç	10-30 m	6-10	3-4	1-2
Maksimum sürat	20-60 dk	4-8	3-4	2
Süratte dayanıklılık	60-120 m	3-6	4-5	1-2
Yön değiştirme	10-30	4-8	2	2-3
Dinamik antrenman		2-4 set/5-10 tekrar	1-2	2-4

(Bompa ve Carrera, 2015)

3.3. Çocuk ve Gençlerde Kuvvet

Kas ve sinir sisteminin belli bir dirence karşı uyguladığı maksimal güce kuvvet denir. Sportif performansta verimi belirleyen en önemli motorsal becerilerden biridir. Kuvvet antrenmanları yaralanma riskini azaltmak, mevcut performansı devam ettirmek ve iyileştirmek amaçlı kullanılmaktadır (Aydos vd., 1997).

3.3.1. Kuvvet Çeşitleri

Genel Kuvvet: Tüm kasların katılımı ile üretilen herhangi bir spor branşına özgü olmayan kuvvettir. Tüm kuvvet parametrelerinin temelini oluşturmaktadır (Dündar, 2003).

Özel Kuvvet: Belirli bir kas grubunun katılımı ile gerçekleşen kuvvettir. Antrenman planlamasında hazırlık döneminin sonunda diğer motorik özellikler ile birleştirilerek antrenmanlara dahil edilmelidir (Bompa, 1998).

Ergenlik öncesinde anabolik hormon konsantrasyonunun yeterli seviyede olmaması kas gelişimini negatif yönde etkilemektedir. Bu sebeple çocuklarda kuvvet kazanımları nörolojik faktörler tarafından sağlanır. Bireyler arasındaki kuvvet farklarının asıl sebebi motor ünite senkronizasyonundaki değişikliklerdir. Ergenlik sonrasında aynı yaştaki çocuklar arasında kuvvet açısından büyük farklılıklar vardır (Granacher vd., 2018).

İyi planlanmış bir kuvvet antrenmanı programı çocuk ve gençlerin kas kuvvetini artırır. Kuvvet antrenmanlarında ağırlık topları, elastik bantlar, serbest ağırlıklar ve vücut ağırlıkları kullanılarak gelişim sağlanır. Çocuklarda 1 TM % 60-70'i ile 1-2 set 10–15 tekrar uygulayarak direnç antrenmanlarında gelişim sağlanırken, gençlerde bireysel özellikler nedeniyle değişiklikler ortaya çıkar. Değişikliklerin sebebi genetik faktörler, antrenman yaşı ve antrenman programı olarak sıralanabilir (Haff ve Haff., 2018).

Tablo 11. Çocuklarda kuvvet çalışmaları genel özelliklerinin yaş gruplarına göre sınıflandırılması

Yaş	Kuvvet Antrenmanları
4-6	Vücut ağırlığı ile temel hareketlere yönelik kuvvet çalışmaları
6-10	Çocuğun kaldırabileceği ağırlık ile kuvvette devamlılık çalışmaları
10-12	Hafif ağırlıklar ile spor branşına yönelik çalışmalar
12-14	Doğru postür ve kasların genel kuvvetine yönelik çalışmalar
14 yaş ve sonrası	Kassal hipertrofiyi sağlayacak çalışmalar
16 yaş ve sonrası	Spor branşına yönelik çalışmalar

(Çelik, 2016)

Tablo 12. Gençler için kuvvet antrenmanı periyodizasyon modeli

Antrenman	Set	Tekrar sayısı
Temel Kuvvet	3	10-15
Kuvvet	3	6-10
Güç	2-3	6-8
Zirve	1	54-8
Aktif Dinlenme		Fiziksel Aktivite

(Fleck ve Kraemer, 2014)

Avustralya Kuvvet ve Kondisyon Birliği (ASCA) ise; çocukların kuvvet antrenman yüklerini dört aşamalı olarak ifade etmiştir (Baker, 2017).

Tablo 13. Gençler için kuvvet antrenmanı periyodizasyon modeli

Antrenman	Yaş	Kapsam	Egzersiz
Seviye	6-9		Vücut ağırlığı ile egzersizler
Seviye	9-12	Maksimum yükün yaklaşık % 60'ı	Serbest ağırlık egzersizleri
Seviye	12-15	Maksimum yükün yaklaşık % 70'i	Serbest ağırlık egzersizleri
Seviye	15-18	Maksimum yükün yaklaşık % 80' i	Serbest ağırlık egzersizleri

(Lloyd vd. 2016)

3.4. Çocuk ve Gençlerde Esneklik

Esneklik, fiziksel uygunluğun önemli bir bileşenidir ve eklem etrafında geniş bir hareket aralığında (ROM) rahatça hareket etme yeteneğidir (Magnusson ve Renström, 2006).

Çocuklarda esneklik gelişimi için en etkili yaş aralığı 6-11 yaştır. Çocukta ROM gelişimini sağlamak için antrenmanlarda esneklik çalışmalarına daha fazla yer verilmelidir. Çocuklar ve ergenler yetişkin bireylere göre daha esnektirler bunun en temel sebebi eklem hareket açıklığının (ROM) yaşla beraber giderek azalmasıdır (Malina, Bouchard ve Bar, 2004).

Esneklik çalışmalarına sporcuların birim antrenman programında her zaman yer verilmelidir. Çünkü esnekliği iyi olan sporcu yapmış olduğu spor branşının teknik becerilerini en iyi düzeye ortaya koyar ve sportif yaralanmanın da önüne geçilir (Mengütay, 2005).

Çocuklarda omurga esnekliği, bacakların yanlara açılma yeteneği ve omuz hareket genişliği 8-9 yaşlarında en üst düzeye ulaşır. 11-14 yaşları arasında omuz, kalça ve omurga esnekliğinin geliştirilmesi için en uygun yaşlardır. Kız çocuklarında esneklik gelişimi 11-13 yaşları arasında gerçekleşirken, erkek çocuklarında 13-15 yaşlarına kadar devam etmektedir (Mengütay, 2005).

Düzenli yapılan esneklik çalışmaları;

- Koordinasyon yetisinin gelişmesini sağlar,
- Kaslardaki gerimi azaltır,
- Hareket açısını artırır,
- Sakatlıkların önlenmesini sağlar,
- Vücut ısınısını artırır.

Esnekliği Etkileyen Faktörler;

- Yaş ve cinsiyet,
- Eklem yapısı,
- Aktivite düzeyi,
- Kas kitlesi seviyesi,
- Kas ve yumuşak dokular,
- Gerilme düzeyi,
- Nöral kontrol (Kasap, 1990).

Çocuk ve gençlerde esneklik antrenmanlarının tasarlarken dikkat edilmesi gerekenler:

- Hareket genişliğini arttırmak için antrenman planlamasının her döneminde esneklik çalışmalarına yer verilmelidir.
- Esneklik çalışmaları kontrolsüz olarak yapılmamalıdır. Giderek artan yüklenmeler uygulanmalıdır ve ağırlı düzeyine dikkat edilmelidir.
- Esneklik antrenmanları öncesinde ısınma yapılmalıdır.
- ROM artışı için sürekli esneklik çalışmalarına devam edilmelidir.
- Özellikle genç sporcularda esneklik çalışmaları ve beceri çalışmaları birbiri ile koordineli yapılmalıdır.

- Esneklik çalışmaları sırasında nefes alıp-verme dengesine dikkat edilmelidir. Nefes tutulmamalıdır.
- Antrenman sonrasında laktik asitin uzaklaştırılması için uygulanmalıdır.
- Birim antrenman programında esneklik çalışmalarına ısınma sonrası ya da ana evrenin sonrasında yer verilebilir.
- Çocukluk döneminde hafif ve düzeltici formlarda yapılırken, yaş ilerledikçe antrenman programının içerisinde çok daha fazla oranda yer verilmelidir (Kasap, 1990).

3.5. İleri Yaşlarda Egzersiz

Dyussenbayev (2017), insan yaşamını yaş dönemlerine göre 25–44 yaş arası genç, 44–60 yaş arası orta yaş, 60–75 yaş arası yaşlı, 75–90 yaş arası ileri yaşlı ve 90 yaş üzerini uzun yaşayanlar olarak sınıflandırmaktadır. Bu uluslararası yaş standarttı, ergenlik ve gençlikte hızlı büyüme, ilerleyen yaşlarda düzgün gelişim ve insanın tüm yaşamı boyunca fizyolojik ve psikolojik süreci değerlendirilerek hazırlanmıştır (Dyussenbayev, 2017; WHO, 2020).

Yaşın ilerlemesine bağlı olarak vücutta fizyolojik ve psikolojik değişimler yaşanmasının yanı sıra, yetersiz fiziksel aktivite beraberinde birçok sağlık sorununa neden olabilmektedir. Her yaşta sağlıklı kalabilmek için egzersiz ve beslenme önemli iki bileşendir. Dünya sağlık örgütü düzenli yapılan fiziksel aktivitenin diyabet, kardiyovasküler rahatsızlıklar, anksiyete ve depresyon gibi birçok rahatsızlığı engellediğini bildirmektedir (WHO, 2020).

İleri yaşlarda oluşabilen sarkopeni, osteoporoz ve kırık vakalarının önlenmesinde egzersiz ve fiziksel aktivite oldukça önemlidir (Eckstrom, Neukam, Kalin ve Wright, 2020). Spor yaşam biçimi haline getiren fiziksel kısıtlılıkları olan yada olmayan tüm yaşlı bireylerin yaşam kalitesi yükselirken, daha az stres ve kaygı duydukları gözlemlenmiştir (Anantanasuwong, Pengpid ve Peltzer, 2022).

Yaşlı bireylerde sağlığın korunması amaçlı Amerikan Spor Hekimliği Koleji (ACSM) tarafından 4 çeşit egzersiz önerilmektedir (Chodzko-Zajko vd., 2009).

3.5.1. Direnç Egzersizleri

Kas gücü kaybı (dinapeni) yaşlı popülasyonda en belirgin ve en fazla yaşanan durumlardan biridir (Neves vd., 2018).

Kas gücü, bir kasın yada kas grubunun üretebildiği maksimum kuvvet olarak tanımlanır. İleri yaşlı bireylerde kas gücünün, eklem mobilizasyonu, eklem hareketi, yürüme hızı, düşme riski ve mortalite kavramları ile ilişkilidir (Manini,

2011). Kas kuvveti günlük aktivitelerin gerçekleştirilmesinde de oldukça önemlidir. İleri yaş bireylerde kuvvet çalışmaları vücut ağırlığı çalışmaları ile uygulanabilirken, ek ağırlıklar, egzersiz bandları vb. farklı materyallerden yararlanılarak yapılabilir. Hareket kısıtlılığı olan bireylerde sandalye oturarak uygulanabilecek egzersizler ile direnç çalışmaları yapılabilir. Direnç egzersizlerinde dikkat edilmesi gereken önemli nokta yük arttıkça tekrar sayılarının revize edilmesi gerektiğidir. İleri yaştaki bireylere egzersiz programı tasarlarken birbirinden farklı 8-10 egzersiz, düşük yüklerde 10-15 tekrarlardan oluşacak şekilde haftada 2-3 gün olarak uygulanabilir. İleri yaşlı bireylerde direnç egzersizlerinde % 25-% 100 arası kuvvet artışı gözlenmektedir (Nied ve Franklin,2002).

3.5.2. Aerobik Egzersizler

Büyük kas gruplarının katılımı ile gerçekleşen yüzme, koşu, bisiklete binme, yürüyüş gibi kardiyovasküler dayanıklılığı arttıran egzersizlerdir. İleri yaştaki bireylerde haftada 3-5 gün, en az 30 dk süresince, maksimal kalp atım sayısının %60-70'i şiddetinde yapılabileceği önerilmektedir (Chodzko-Zajko vd., 2009). Fiziksel uygunluğu yeterli düzeyde olmayan ileri yaşlı bireyler aerobik egzersizler daha düşük şiddetlerde 3x10 dk gibi başlanarak gelişime bağlı olarak arttırılmalıdır (ACSM, 2009).

3.5.3. Esneklik Çalışmaları

Bir yada birkaç eklemden mümkün olan en büyük eklem genişliğine esneklik denir. Eklem hareket genişliği kemik, kas ve yumuşak dokulardan oluşmaktadır. Esneklik çalışmaları, eklem, tendon ve kas için eklem hareket açıklığını arttırmada etkindir (ACSM, 2009).

Yaşın ilerlemesine paralel olarak eklemler, kaslar ve tüm yumuşak dokuların olumsuz etkilenmesi nedeniyle esneklik yetisi azalır. Yaşa bağlı esneklik kaybı, kişilerin yaşam kalitesini düşürür ve günlük aktivitelerini gerçekleştirememelerine neden olur (Holland, Tanaka, Shigematsu ve Nakagaichi, 2002). Esneklik çalışmaları yaşlılarda düşme ve travmaya bağlı kırık, çıkık riskinin azalmasına yardımcı olmaktadır. Yaşlı bireylere haftada 4-5 gün, 10-15 dk, her egzersiz 3-5 tekrarlardan oluşacak şekilde esneklik çalışmaları önerilmektedir (ACSM, 2009).

3.5.4. Denge Çalışmaları

Postür, nöromüsküler sistemin kontrolündedir. Hareket ve istirahat anında, yerçekimi merkezinin değişimine hızlı bir şekilde postüral uyum sağlanır ve bu uyuma denge denir. Postüral uyum, proprioseptif, vestibüler ve merkezi sinir sisteminin birleşimi ile meydana gelir (Woollacott and Shumway-Cook, 2002).

Sağlıklı ve genç bireylerin vücut kitlesinin % 30' unu kaslar oluşturmaktadır. Kas oranı yaşa bağlı olarak azalma gösterir. Yaşlanmaya bağlı kas kaybı “sarkopeni” olarak adlandırılır. Sarkopeni kemik yapısının bozulmasına bağlı olarak denge problemlerini de beraberinde getirir. Bunun yanı sıra postürü sınırlayana artritler, bacak uzunluğu farkları, kifoz ve skolyoz yaşlı bireylerde denge merkezinin değişmesine yol açar (Szulc, Beck ve Marchand, 2005).

Dengenin sağlanması yaşlı bireylerde sık karşılaşılan düşme durumlarının önlenmesi açısından oldukça önemlidir. İleri yaştaki bireylerde propriyoseptif duylardan gelen uyarıların azalması, görsel ve vestibüler sistemlerin zayıflaması, kas gücü kaybı, kemik dokusunun güçsüzleşmesi ve esnekliğin azalmasına bağlı olarak denge kayıpları oluşmaktadır (Akgül, Tarakci, Arman, Büyükkaya, Irmak ve Karaaslan, 2018).

Denge yetisinin iyileştirilmesi için kuvvet çalışması, yürüyüş, koordinasyon, postüral güçlenme çalışmaları uygulanmalıdır. Haftada 2-3 gün, 10-15 dk yapılan denge çalışmalarına egzersiz programı içerisinde yer verilebilir (Means ve Rodell, 2005).

3.5.5. İleri Yaşlı Bireylere Egzersiz Programı Hazırlarken Dikkat Edilmesi Gerekenler

- Kardiyovasküler hastalığı olan yaşlı bireylerde düzenli kullandıkları ilaçlar ve ilaçların etkileri dikkate alınarak egzersiz programı hazırlanmalıdır.
- Şeker hastası olan (Diyabetik) yaşlılarda kan şekeri seviyesi düzenli takip edilmelidir.
- Yaşlılarda egzersiz öncesi kontrendike durumlar belirlenmelidir.
- Hareket kısıtlılığı olan yaşlı bireylerde egzersizler kişilere göre modifiye edilmelidir.
- Yaşlılarda egzersiz yapılan ortam ısısına dikkat edilmelidir. Kapalı alanlarda havalandırma ve ortam ısısı uygun olmalıdır. Egzersiz sırasında dehidratasyon oluşmaması için yeterli sıvı alımına dikkat edilmelidir.
- Egzersiz yapılan zeminin uygunluğu herhangi bir sportif yaralanma yaşanmaması için oldukça önemlidir.
- Egzersiz yaparken ayak yapısına uygun ortopedik tabanlı ve hafif ayakkabılar tercih edilmelidir.
- Denge sorunu yaşayan yaşlı bireyler egzersiz uzmanı kişilerden yardım alarak çalışmalarını devam ettirmelidir (Karan, 2006).

Kaynakça

- American College of Sports Medicine. (2009). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (8th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Akgül, A., Tarakci, E., Arman, N., Büyükkaya, F., Irmak, H. S., & Karaaslan, T. (2018). Yaşlılarda denge, mobilite ve düşmenin değerlendirilmesi. *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi*, 38(1), 94-98. <https://doi.org/10.5336/medsci.2018-59723>
- Aydos, L. & Kürkçü, R. (1997). 13-18 Yaş Grubu Spor Yapan ve Yapmayan Orta Öğrenim Gençliğinin Fiziksel ve Fizyolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 31-38.
- Bompa, T.O. (1998). Antrenman Kuramı ve Yöntemi, (Çev. İlknur Keskin-A. Burcu Tuner
- Bompa, T. O., & Carrera, M. (2015). Conditioning young athletes. *Human Kinetics*.
- Collins, P. (2009). Speed for sport. Meyer & Meyer Sport.
- Çolakoğlu M. (2018). Miyelinleşme ve Potansiyel Performansa Ulaşma. TVF 4. Kademe Baş Antrenör Kursu ders notları. (erişim: http://www.tvf.org.tr/wp-content/uploads/2018/08/spor_fizyolojisi-1.pdf)
- Dündar, U. (2003). Antrenman teorisi. Nobel Yayın Dağıtım
- Dündar, U. (2016). 1. Kademe antrenörlük kursu el kitabı: Genel antrenman bilgisi. *Türkiye Atletizm Federasyonu Eğitim Yayınları Dizisi*, Ankara.
- Dyussenbayev, A. (2017). Age periods of human life. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 4(6), 258–263. <https://doi.org/10.14738/assrj.46.2924>
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2014). Designing resistance training programs (4th ed.). *Human Kinetics*.
- Gamble, P. (2011). Training for Sports Speed and Agility, An Evidence-based Approach. Abingdon, UK: Routledge.
- Granacher, U., Lesinski, M., Büsch, D., Muehlbauer, T., Prieske, O., Puta, C., Gollhofer, A., & Behm, D. G. (2016). Effects of resistance training in youth athletes on muscular fitness and athletic performance: A conceptual model for long-term athlete development. *Frontiers in Physiology*, 7, 164. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00164>

- Haff, G. G., & Haff, E. E. (2019). Weightlifting for young athletes. In R. S. Lloyd & J. L. Oliver (Eds.), *Strength and conditioning for young athletes: Science and application* (2nd ed., pp. 155–187). Routledge.
- Harmandar İH. (2004). *Beden eğitimi ve sporda özel öğretim yöntemleri*. Ankara: Nobel Basımevi.
- Holland, G. J., Tanaka, K., Shigematsu, R., & Nakagaichi, M. (2002). Flexibility and physical functions of older adults: A review. *Journal of Aging and Physical Activity*, 10(2), 169-206. <https://doi.org/10.1123/japa.10.2.169>
- Jeffs, R. (2014). A progression of linear sprint training for rugby union players. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 22, 83–90.
- Kasap, H. (1990). Esneklik antrenmanları ve stretching. *Journal of Physical Education and Sports Studies*, 1(1), 26-29.
- Karan, A. (2006). Yaşlılıkta egzersiz ve spor. *Türk Fiz Tıp Rehab Derg (Özel Ek A)*, 53-56. Erişim: <https://ftrdergisi.com/uploads/sayilar/219/buyuk/53-561.pdf>.
- Lloyd, R. S., Cronin, J. B., Faigenbaum, A. D., Haff, G. G., Howard, R., Kraemer, W. J., Oliver, J. L. (2016). National Strength and Conditioning Association position statement on long-term athletic development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1491-1509.
- Muratlı, S. (1991). Çocuk ve spor (antrenman bilgisi) çocuk ve gençlerde dayanıklılık antrenmanı. *Journal of Physical Education and Sports Studies*, 2(7-8), 51-55
- Muratlı, S., Şahin, G. ve Kalyoncu, O. (2005). *Antrenman ve Müsabaka*. Yayılım yayıncılık, İstanbul.
- Magnusson, P., & Renström, P. (2006). The European College of Sports Sciences position statement: The role of stretching exercises in sports. *European Journal of Sport Science*, 6(2), 87–91. <https://doi.org/10.1080/17461390600617865>
- Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. (2004). *Büyüme, olgunlaşma ve fiziksel aktivite*. Champaign: İnsan Kinetiği.
- Manini T. (2011). Development of physical disability in older adults. *Curr Aging Sci*, 4(3), 184-191. <https://doi.org/10.2174/1874609811104030184>

- Means KM, Rodell DE. (2005). Balance, mobility, and falls among community-dwelling elderly persons: effects of a rehabilitation exercise program. *Am J Phys Med Rehabil* 84:238-50.
- Nied, R. J., & Franklin, B. (2002). Promoting and prescribing exercise for the elderly. *American Family Physician*, 65(3), 419–426.
- Neves T, Ferriolli E, Lopes MBM, Souza MGC, Fett CA, Fett WCR. (2018). Prevalence and factors associated with sarcopenia and dynapenia in elderly people. *J Frailty Sarcopenia Falls*. 1;3(4):194-202. doi: 10.22540/JFSF-03-194. PMID: 32300708; PMCID: PMC7155355.
- Rowland, T. W. (1996). Developmental exercise physiology. *Human Kinetics*.
- Szulc P, Beck TJ, Marchand F. (2005). Low skeletal muscle mass is associated with poor structural parameters of bone and impaired balance in elderly men-the MINOS study. *J Bone Miner Res*; 20:721-729.
- Yüce, A. (2020). Çocuk ve gençlerde dayanıklılık antrenmanı. Erişim tarihi: 01.03.2020. <https://atillayucefutbol.wordpress.com/2011/09/08/cocuk-ve-genclerde-dayaniklilik-antrenmani>
- Van Praagh, E. (1998). *Pediatric Anaerobic Performance*. USA: Human Kinetics Publishers, Inc.
- World Health Organization. (2010). *Global recommendations on physical activity for health*. World Health Organization.
- World Health Organization. (2020). *WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. World Health Organization.
- Weineck, J. (2011). *Futbolda Kondisyon Antrenmanı*. (Çev: T. Bağırman,) Ankara: Spor Yayınevi ve Kitabevi.
- Woollacott M, Shumway-Cook A. (2002). Attention and control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait and Posture*; 16:1-14
- Virgilio SJ. (1997). *Fitness education for children*. USA: Human Kinetics.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

DAYANIKLILIK: FİZYOLOJİK TEMELLER, ANTRENMAN YÖNTEMLERİ VE PERFORMANS UYGULAMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Ömer AKSOY

Dayanıklılık, bireyin ya da sporcunun belirli bir fiziksel aktiviteyi uzun süre boyunca sürdürebilmesi, bu süreçte yorgunluk düzeyinin minimal olması ve hareket kalitesinin korunması olarak tanımlanabilir (Powers ve Howley, 2007). Spor bilimlerinde dayanıklılık kavramı, kardiyorespiratuvar sistemlerin etkinliği ile kas sisteminin uzun süreli çalışabilme kapasitesini birlikte kapsayan temel bir performans göstergesi olarak belirtilmektedir (Wilmore vd., 2008).

Spor performansının sürdürülebilirliği açısından dayanıklılık, yalnızca uzun mesafe sporlarıyla sınırlı kalmayıp, aralıklı ve yüksek tempolu takım sporlarında da kritik öneme sahiptir. Maraton, triatlon, bisiklet ve yüzme gibi sporlar doğrudan dayanıklılık gerektirirken; futbol, basketbol ve hentbol gibi çabukluk ile toparlanma süresinin önemli olduğu branşlarda da dayanıklılığın performansa katkısı büyüktür (Bassett ve Howley, 2000).

Dayanıklılık iki temel fizyolojik sisteme dayalı olarak incelenmektedir: aerobik ve anaerobik dayanıklılık. Aerobik dayanıklılık, organizmanın oksijen kullanarak enerji üretmesini sağlayan kapasiteyi ifade eder ve sıklıkla maksimum oksijen tüketimi (VO_{2max}) değeri ile ölçülür (McArdle vd., 2015). Bu sistem, uzun süreli ve düşük-orta yoğunluktaki egzersizlerde baskın olarak görev yapar.

Anaerobik dayanıklılık ise, yüksek yoğunluklu ve kısa süreli aktivitelerde devreye giren, oksijen kullanmaksızın enerji sağlayan metabolik sistemleri kapsar. Sprint, kısa mesafe çıkışlar ve ani kuvvet üretimi gerektiren spor dallarında bu sistemin etkisi belirgindir (Kenney vd., 2020).

Her iki sistem de sporcu performansının sürekliliği açısından birbirini tamamlar niteliktedir. Aerobik kapasite, uzun süreli yüklenmelerde yorgunluğa karşı direnci artırırken; anaerobik kapasite, yüksek şiddetli eforların kısa sürede karşılanmasını sağlar. Bu nedenle spor branşına özgü dayanıklılık gereksinimlerinin doğru belirlenmesi, antrenman programlarının etkinliğini doğrudan etkileyebilmektedir.

4.1. Dayanıklılığın Fizyolojik Temelleri

4.1.1. Enerji Sistemleri

İnsan vücudu, enerji üretiminde hem oksidatif (aerobik) hem de oksidatif olmayan (anaerobik) sistemlerden faydalanır. Bu sistemlerden oksidatif olanı, diğerlerine göre daha fazla enerji sağlayabilmesi nedeniyle egzersiz performansının değerlendirilmesinde önemli bir yere sahiptir. Oksidatif sistem, egzersiz sırasında belirli bir şiddet, süre ve türde enerji substratlarının metabolize edilmesiyle birlikte artan oksijen alımıyla karakterize edilir (Stanzione vd.,2022). 1900'lü yılların başlarındaki ilk çalışmalar, iki farklı enerji sisteminin asit-baz dengesine etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Anaerobik sistemin laktat birikimine yol açtığı, buna karşın aerobik sistemin bu etkiye neden olmadığı ifade edilmiştir (Cahill vd., 1997). Kas kasılması süreci, adenozin trifosfat (ATP) molekülünün parçalanmasına ve buna bağlı olarak enerji açığa çıkmasına dayanır. Bu enerji yalnızca kas kasılması için değil, genel hücre faaliyetlerinin sürdürülmesi açısından da gereklidir (Hargreaves ve Spriet, 2020). Egzersiz sırasında enerji ihtiyacını karşılamak için üç temel metabolik sistem devreye girer ve bunların amacı kas içindeki ATP'yi yeniden sentezlemektir (Günay vd., 2010). Bu sistemlerin katkı düzeylerini anlamak, egzersiz türüne uygun enerji gereksinimini değerlendirmek açısından oldukça önemlidir (Zouhal vd., 2010).

4.1.2. Anaerobik Enerji Sistemi

Anaerobik sistem, yüksek şiddetli egzersizler sırasında enerji sağlamada önemli bir rol oynar. Ayrıca bu sistem, biyokimyasal, nörolojik ve anatomik düzeyde adaptasyonlara neden olabilir (Cahill vd., 1997). Yaklaşık bir dakikaya kadar süren ve yüksek yoğunlukta yapılan egzersizlerde enerji, oksijen tüketmeksizin glikojenin yıkılmasıyla sağlanır (Hawley ve Hopkins, 1995). Egzersizin şiddeti arttıkça anaerobik sistemin katkısı da artar. Bu sistem, ATP üretimini hızlı bir şekilde gerçekleştirse de bu üretim uzun süreli değildir. Bu nedenle yoğunluk arttıkça antrenman süresi düşme eğilimindedir (Ozaki vd., 2020).

4.1.3. ATP-CP (Fosfojen) Sistemi

Kreatin fosfat (CP), kas hücresinde yüksek enerji potansiyeline sahip bir moleküldür. Parçalanmasıyla açığa çıkan enerji, ATP'nin yeniden sentezlenmesinde kullanılır. Ancak kas içinde depolanan CP miktarı sınırlıdır (0.3–0.5 mol) (Günay vd., 2017). Fosfokreatin, ATP'ye benzer yüksek enerji fosfat bağları içerdiğinden, kısa süreli yüksek yoğunluklu aktivitelerde (örneğin sprint) etkin olarak kullanılır (Guyton ve Hall, 2001; Berg, 1982). Bu sistemde kreatin kinaz enzimi, PCr'yi parçalayarak ATP'yi hızlıca yeniden sentezler ve

böylece enerji ihtiyacına kısa sürede yanıt verir. Anaerobik glikolitik sistem ise glikojen veya glikozu oksijen olmadan piruvata ve ardından laktata çevirerek enerji sağlar (Hargreaves ve Spriet, 2020).

4.1.4. Anaerobik Glikolitik Sistem

Fosfojen sisteminin hızlı katkısı azaldıkça, yüksek şiddetli egzersizin sürdürülmesinde anaerobik glikolizin görelî katkısı artar. Glikojen veya glikozun hızlı yıkımı sırasında pirüvat ve laktat oluşur. Artan hidrojen iyonu yükü ve diğer metabolik değişiklikler kas fonksiyonunu etkileyebilse de laktat üretimi doğrudan asidozun ya da yorgunluğun nedeni olarak değerlendirilmemelidir. Laktat, oksidatif dokularda yakıt olarak kullanılabilir ve karaciğerde glukoneogeneze katılabilir. Laktatın üretimi ve uzaklaştırılması egzersiz şiddeti, kan akımı, kas lifi tipi ve metabolik kapasite gibi etmenlere bağlıdır (Brooks, 2018; Hargreaves ve Spriet, 2020).

4.1.5. Aerobik Enerji Sistemi

Karbonhidrat ve yağların oksidatif metabolizması, asetil-CoA oluşumu, sitrik asit döngüsü ve elektron taşıma zinciri aracılığıyla ATP üretir. Glikoliz sitozolde; sitrik asit döngüsü ve oksidatif fosforilasyon ise başlıca mitokondride gerçekleşir. Oksidatif metabolizma, substrat düzeyinde fosforilasyona göre çok daha yüksek ATP verimi sağlar; ancak tek bir glikoz molekülü için bildirilen net ATP miktarı kullanılan varsayımlara ve hücrel koşullara göre değişir. Bu nedenle güncel kaynaklar sabit “38–39 ATP” ifadesi yerine enerji yollarının egzersiz şiddeti ve süresine göre değişen katkısını vurgular (Hargreaves ve Spriet, 2020). Aerobik sistem, istirahat ve düşük-orta şiddetli uzun süreli egzersizlerde baskın enerji sağlayıcıdır.

4.1.6. Krebs Döngüsü

Krebs ya da sitrik asit döngüsü, asetil-CoA’nın karbondioksit ve hidrojen atomlarına yıkıldığı bir dizi metabolik reaksiyondan oluşur. Döngüde görev alan sekiz enzimden yalnızca biri mitokondri zarında, diğerleri mitokondri matriksinde yer alır (Alabduladhem ve Bordoni, 2021; Guyton ve Hall, 2001; Gasmi vd., 2021). Bu döngü, aerobik metabolizmanın merkezi olup enerji üretiminde rol oynayan diğer yolların da bağlantı noktasıdır. Pirüvik asidin asetil-CoA’ya dönüşmesiyle başlayan süreçte karbondioksit üretimi ve elektron taşınımı gerçekleşir (Hargreaves ve Spriet, 2020). Üretilen CO₂ solunum yoluyla vücuttan uzaklaştırılırken, elektronlar oksidatif fosforilasyon yoluyla ATP üretimine katkı sağlar (Günay vd., 2010).

4.1.7. Maksimal Oksijen Tüketimi (VO_{2max})

1920'li yıllardan bu yana VO_{2max} değerini belirlemek amacıyla çeşitli test protokolleri geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu protokollerin geçerliliği zaman içinde tartışma konusu olsa da, günümüzde VO_{2max} 'ın bireyin aerobik dayanıklılık kapasitesini belirlemede temel bir gösterge olduğu konusunda bilimsel bir uzlaşa sağlanmıştır (Stadheim vd., 2021). Bu bağlamda, spor bilimciler ve antrenörler, bireysel antrenman programlarını oluştururken bu testleri sıklıkla kullanmakta ve dayanıklılık performansını takip etmede VO_{2max} ölçümlerine başvurmaktadırlar.

VO_{2max} ve laktat eşiği gibi fizyolojik değişkenler, dayanıklılık performansının öngörülmesinde kritik öneme sahiptir. Özellikle VO_{2max} , hem temel hem de uygulamalı egzersiz fizyolojisinde yaygın kullanılan bir parametredir. Bu değişken, kardiyovasküler, solunum ve kas sistemlerinin, egzersiz sırasında çalışan kaslara oksijen taşıma ve kullanma konusundaki toplam kapasitesini yansıtır (Hasanlı vd., 2015; Riboli vd., 2022). Bir başka ifadeyle VO_{2max} , sporcunun aerobik sistemini temsil eden temel performans belirteçlerinden biridir. Yüksek VO_{2max} değerine sahip bireylerin, yüksek şiddetteki egzersizleri daha uzun süre sürdürebildikleri ve bu sayede antrenman yüklerine daha etkin uyum sağladıkları bilinmektedir (Granero-Gallegos vd., 2020). Ayrıca VO_{2max} düzeyinin yüksek olması, özellikle takım sporlarında daha fazla mesafe kat edilmesi, daha yoğun eforlar yapılabilmesi ve sonrasında daha hızlı toparlanabilmesi açısından avantaj sağlar. Elit sporcularda daha yüksek VO_{2max} seviyeleri, müsabaka sırasında daha verimli bir performans ve iyileşme süreci ile ilişkilidir (Hoff ve Helgerud, 2004).

VO_{2max} ölçümleri genellikle motorlu koşu bandı veya bisiklet ergometresi kullanılarak, artan şiddette egzersiz protokolleri ile laboratuvar ortamında gerçekleştirilir. Elde edilen veriler litre/dakika (L/min), vücut ağırlığına oranla mililitre/kg/dakika (ml/kg/dk) ya da yağsız vücut kitlesine göre normalize edilmiş şekilde (ml/kg YVK/dk) raporlanabilir. Laboratuvar testlerinin yanı sıra, saha testleriyle de VO_{2max} tahmin edilebilmekte ve bu tahminlerde en sık kullanılan fizyolojik parametre kalp atım sayısıdır (Cooper, 1968).

4.1.8. Laktat Eşiği ve Anaerobik Eşik

Laktat eşiği, egzersiz sırasında kandaki laktat düzeyinin istirahat düzeyinin üzerine çıkmaya başladığı yoğunluk seviyesi olarak tanımlanır (Faude vd., 2009). Bu nokta, aerobik enerji üretiminin yeterli olmadığı ve anaerobik yolların devreye girdiği eşiği temsil eder. Egzersiz şiddeti bu eşiğin altında

sürdürülebilirken, üzerindeki şiddetlerde bir süre sonra yorgunluk gelişir (Wasserman, 1986).

Anaerobik eşik, genellikle laktat eşiğiyle eş anlamlı kullanılsa da, bazı araştırmacılar bu terimi, anaerobik metabolizmanın baskın hale geldiği ve laktat birikiminin hızla arttığı nokta olarak tanımlar (Wasserman vd.,1999). Dayanıklılık sporcuları için bu eşiklerin yüksek olması, daha uzun süre yüksek yoğunlukta egzersiz yapabilmelerini sağlar. Bu nedenle VO_{2max} kadar, laktat eşiği seviyesi de antrenman programlarının belirlenmesinde önemli bir ölçüt olarak kullanılır (Beneke, 2003).

4.1.9. Kalp-Dolaşım ve Solunum Sistemlerinin Adaptasyonları

Düzenli dayanıklılık antrenmanları, kardiyovasküler sistemde bir dizi olumlu fizyolojik adaptasyona yol açar. Bunlar arasında istirahat kalp atım hızında azalma, maksimum kalp debisinde artış, sol ventrikül hacminde genişleme ve kaslara giden kan akışında artış yer alır (Kenney vd., 2020). Bu adaptasyonlar sayesinde egzersiz sırasında oksijen taşıma kapasitesi artar ve aerobik performans iyileşir.

Solunum sistemine ait adaptasyonlar ise, tidal volümde (solunum hacmi) artış, ventilasyonun daha ekonomik hale gelmesi ve alveol-kapiller yüzeyinde gaz değişim kapasitesinin gelişmesini kapsar (McArdle vd., 2015). Bu değişiklikler, egzersiz sırasında daha fazla oksijenin alınmasını ve dokulara etkin şekilde ulaştırılmasını sağlayabilir.

Uzun süreli dayanıklılık antrenmanları aynı zamanda kandaki hemoglobinin düzeyini ve plazma hacmini artırarak oksijen taşıma kapasitesine katkı sağlar (Bassett ve Howley, 2000). Böylece kalp-dolaşım ve solunum sistemleri koordineli bir biçimde çalışarak dayanıklılık kapasitesini en üst düzeye çıkarır.

4.2. Dayanıklılık Türleri

Dayanıklılık, çeşitli fiziksel, fizyolojik ve psikolojik bileşenlerin bir araya gelmesiyle oluşan çok boyutlu bir kapasitedir. Spor bilimlerinde, farklı egzersiz türleri ve branşların gerektirdiği özgül taleplere göre dayanıklılık çeşitli alt başlıklarda incelenir (Günay vd., 2017).

4.2.1. Genel Dayanıklılık

Genel dayanıklılık, organizmanın herhangi bir fiziksel aktiviteyi uzun süre sürdürebilme kabiliyetini ifade eder. Bu tür dayanıklılık, sportif performanstan ziyade, genel sağlık durumu, dolaşım, solunum ve enerji sistemlerinin yeterliliğiyle ilgilidir. Ayrıca Genel dayanıklılık düzeyi, bireyin aerobik

kapasitesiyle doğrudan ilişkilidir ve temel motorik özelliklerin geliştirilmesi açısından önemlidir (Bompa ve Haff, 2009).

4.2.2. Özel Dayanıklılık (Branşa Özgü)

Özel dayanıklılık, bireyin yaptığı spor dalına özgü hareket biçimlerini, yoğunluk ve süreye uygun şekilde sürdürebilme yeteneğidir (Günay vd., 2017). Örneğin, bir yüzücünün özel dayanıklılığı ile bir bisikletçinin özel dayanıklılığı farklı fizyolojik talepler içerir. Bu nedenle özel dayanıklılık, genel dayanıklılığın ötesinde, branşa özgü teknik ve enerji sistemlerinin adaptasyonunu da kapsar (Issurin, 2008).

4.2.3. Aerobik Dayanıklılık

Aerobik dayanıklılık, vücudun uzun süreli ve düşük-orta şiddetteki egzersizler sırasında yeterli oksijen alarak enerji üretmesini sağlayan kapasitesidir (Powers ve Howley, 2007). Bu dayanıklılık tipi özellikle maraton, bisiklet, triatlon gibi uzun süreli sporlarda belirleyici olur. Aerobik dayanıklılık, VO_{2max} düzeyi, laktat eşiği ve kalp-damar sisteminin verimliliği ile doğrudan ilişkilidir (Bassett ve Howley, 2000).

4.2.4. Anaerobik Dayanıklılık

Anaerobik dayanıklılık, yüksek şiddetteki kısa süreli egzersizler sırasında enerji ihtiyacını oksijen kullanmaksızın sağlayabilme yeteneğidir. Bu sistem, sprint, yüksek atlama, 400 metre koşu gibi sporlarda etkilidir (Kenney vd., 2020). Anaerobik sistem fosfojen ve laktik asit enerji yollarını kullanır ve kasların yorgunluğa karşı dayanımını belirler (McArdle vd., 2015).

4.2.5. Kas Dayanıklılığı

Kas dayanıklılığı, bir kas grubunun ya da tüm vücut kaslarının uzun süreli submaksimal kasılmaları sürdürebilme kapasitesidir. Kas dayanıklılığı hem dinamik hem de izometrik egzersizlerde önemlidir (Baechle ve Earle, 2008). Bu özellik, özellikle fitness, kürek, güreş gibi branşlarda performansı etkileyen bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

4.2.6. Mental Dayanıklılık

Mental dayanıklılık, bir sporcunun baskı, stres, yorgunluk ve başarısızlık gibi psikolojik zorlayıcılara karşı direnç gösterebilme kapasitesidir. Bu özellik, özellikle yüksek seviyeli rekabet ortamlarında başarıyı belirleyen önemli faktörlerden biridir (Jones vd., 2002). Mental dayanıklılığın geliştirilmesi, sadece fiziksel antrenmanla değil; psikolojik beceri eğitimiyle de mümkündür (Clough vd., 2002).

4.3. Dayanıklılık Antrenman Yöntemleri

Dayanıklılığı geliştirmek amacıyla uygulanan antrenman yöntemleri, bireyin fizyolojik kapasitesine, spor branşının gereklerine ve hedeflenen adaptasyonlara göre çeşitlilik göstermektedir. Aşağıda en yaygın kullanılan dayanıklılık antrenman yöntemleri yer almaktadır (Günay vd., 2017).

4.3.1. Sürekli Antrenman Yöntemi

Sürekli antrenman, belirli bir şiddette ve kesintisiz olarak sürdürölen dayanıklılık çalışmasıdır. Genellikle %60–75 VO_2max şiddetinde uygulanır ve düşük-orta yoğunlukta, uzun süreli egzersizleri kapsar (Kenney vd., 2020). Aerobik kapasiteyi geliştirmede etkilidir; dolaşım ve solunum sistemi üzerinde olumlu adaptasyonlara neden olur. Bu yöntem, özellikle başlangıç düzeyindeki sporcular, kardiyovasköler dayanıklılığı artırmak isteyen bireyler ve uzun mesafe sporcuları (maraton, triatlon) için uygundur (Bompa ve Haff, 2009).

4.3.2. Aralıklı (Interval) Antrenman Yöntemi

Aralıklı antrenman, egzersiz yükü ile dinlenme veya aktif toparlanma dönemlerinin birbirini izlediğı bir yöntemdir. Örneğın 4 dakika koşu, 2 dakika yürüyüş gibi döngöler uygulanabilir. Egzersiz yoğunluğu genellikle %80–95 VO_2max seviyesindedir (Gibala vd., 2012). Bu yöntemin temel avantajı, yüksek yoğunluklu çalışmanın sağladığı fizyolojik faydaların, toplam süreye kıyasla daha kısa antrenmanlarla elde edilmesidir. Aralıklı antrenman, hem aerobik hem de anaerobik sistemlerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynadığı düşünölmektedir.

4.3.3. Fartlek Antrenmanı

"Fartlek" İsveççe'de "hız oyunu" anlamına gelir ve tempolu koşu ile sprintleri birleştiren doğıal bir aralıklı çalışmadır. Önceden belirlenmiş kurallar olmaksızın, koşucunun doğaya veya içsel hislerine göre hızını artırıp azalttığı serbest bir dayanıklılık yöntemidir (Seiler ve Tønnessen, 2009). Fartlek antrenmanı, hem fiziksel hem de zihinsel dayanıklılığı artırmakta kullanılır. Değışken tempo sayesinde enerji sistemlerinin bir arada çalışması sağlanabilir.

Tempo ve Eşik Antrenmanları

Tempo antrenmanları, sporcunun laktat eşiğıne yakın şiddette (genellikle %85–90 VO_2max) yapılan çalışmaları kapsar. Bu tür antrenmanlarda amaç, organizmanın laktat üretimi ile temizleme kapasitesi arasındaki dengeyi iyileştirmektir. Laktat eşiğı antrenmanları, dayanıklılığın kritik belirleyicilerinden biri olan anaerobik eşiğın yukarı taşınmasına yardımcı olur.

Bu, yüksek tempoda daha uzun süre egzersiz yapabilme kapasitesini artırır (Faude vd., 2009).

4.3.4. Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman (HIIT) ve Modelleri

Yüksek şiddetli interval antrenman (HIIT), görece yüksek şiddetli çalışma aralıklarının daha düşük şiddetli toparlanma veya dinlenme dönemleriyle yinelandığı bir yöntemdir. Performans bağlamında HIIT, çoğunlukla ağır şiddetli, anının üzerinde ve sıklıkla şiddetli egzersiz alanında uygulanır; bu nedenle tüm protokolleri sabit biçimde “%90–100 VO₂max” olarak tanımlamak uygun değildir. Yüklenme süresi, toparlanma, toplam hacim ve sporcu özellikleri birlikte programlanmalıdır. Uygun dozlandığında HIIT, aerobik kapasiteyi ve kasın oksidatif uyumlarını geliştirebilir (Coates vd., 2023; MacInnis ve Gibala, 2017).

4.3.4.1. Kısa Aralıklı Antrenman

Bu model, genellikle maksimum aerobik hızın (MAH) %100–130’unda ve 1 dakikadan kısa süren yüklenmelerle uygulanır. Antrenmanlar 4–8 dakikalık setler şeklinde yapılabilir, her sette 2–6 tekrar bulunur ve aralarda 3–5 dakikalık aktif ya da pasif dinlenme süreleri yer alabilir (Jovanović, 2018). Uygulama biçimleri; kısa dinlenmeli tekrarlar, tempo koşuları ve aktif toparlanmalı varyasyonlar olarak ayrılabilir (Laursen ve Buchheit, 2019).

Bu antrenmanlar, sporcuların MAH ve sprint kapasitelerini geliştirmede etkili olup, özellikle %90 üzeri şiddetlerde uygulandığında kardiorespiratuvar sistem, oksidatif kas lifleri ve anaerobik glikolitik sistem üzerinde belirgin etkiler oluşturur (Buchheit ve Laursen, 2013). Örneğin, %120 MAH şiddetinde 15 saniye yüklenme + 30 saniye dinlenme ile toplam 5–10 dakika uygulama etkili sonuçlar sağlayabilir (Baker, 2011).

4.3.4.2. Uzun Aralıklı Antrenman

Bu model, MAH’ın %80–110’u aralığında, 1 dakikadan uzun yüklenmelerle uygulanır. 20–30 dakikalık toplam süre hedeflenerek aktif (%60 VO₂max) veya pasif dinlenmelerle kombine edilebilir (Laursen ve Buchheit, 2019). Kısa (1–3 dk) veya uzun (2–4 dk) dinlenme süreleriyle spor branşına uygun şekilde yapılandırılabilir (Jovanović, 2018). Bu yöntem, sporcuların VO₂max düzeyinde geçirdikleri zamanı artırarak hem aerobik hem de anaerobik sistemlerde adaptasyon sağlar (Crozier vd., 2018; Buchheit ve Laursen, 2013). Takım sporlarında zaman kısıtı nedeniyle uygulama sıklığı sınırlı kalabilse de oldukça etkilidir.

4.3.5. Tekrarlı Kısa Sürat Antrenmanı

Anaerobik güç ve hız gelişimini hedefleyen bu yöntem, 3–10 saniyelik maksimum sprintlerden oluşur. Dinlenme süreleri 15–60 saniye arasında olup pasif ya da VO_{2max} 'ın %60'ında aktif şekilde yapılabilir. Tipik tekrar sayısı 6–10'dur (Laursen ve Buchheit, 2019).

Bu antrenman modeli, oksidatif ve anaerobik glikolitik sistemlerin yanı sıra nöromüsküler kapasite üzerinde de gelişim sağlar. VO_{2max} süresini uzatarak aerobik performansı da dolaylı olarak artırır (Bishop vd., 2011; Dupont vd., 2004; Girard vd., 2011).

4.3.6. Tekrarlı Uzun Sürat Antrenmanı

Bu modelde yüklenme süresi genellikle 15 saniyeden uzun (45 sn veya daha fazla) olup, tam sprintlere dayalıdır. Dinlenme süreleri 1–4 dakika arasında değişir ve genellikle pasiftir. Yüklenme/dinlenme oranı yaklaşık 1:6 ile 1:8 arasında önerilir (MacInnis ve Gibala, 2017; Jovanović, 2018).

Tabata protokolü, bu yöntemin bilinen bir uygulamasıdır: 20 saniye %170 VO_{2max} şiddetinde sprint, ardından 10 saniye dinlenme. Toplam 4 dakikalık bu protokol hem aerobik hem de anaerobik kapasite üzerinde kısa sürede etkili gelişim sağlar (Tabata vd., 1996).

4.3.7. Küçük Alan Oyun Temelli Antrenmanlar

Futbolda yaygın olarak kullanılan bu model, teknik-taktik öğeleri geliştirmenin yanı sıra aerobik kapasiteye de katkı sağlar. Yüklenme süresi 2–4 dakika arasında, dinlenme süresi ise 90 saniye ile 4 dakika arasında değişebilir (Dellal vd., 2011; Los Arcos vd., 2015). Antrenmanın şiddeti; saha büyüklüğü, oyuncu sayısı, kurallar, antrenör yönlendirmesi gibi değişkenlerle ayarlanabilir (Clemente vd., 2021). Bu yöntem, oyuncular için motive edici olması açısından klasik koşu bazlı HIIT'e kıyasla avantaj sağlar (Laursen ve Buchheit, 2019).

4.3.8. Sprint Interval Training (SIT)

Sprint interval antrenman (SIT), tekrarlanan çok kısa süreli yüklenmelerin yaklaşık maksimal veya “all-out” eforla, görece uzun toparlanma aralıkları eşliğinde uygulandığı yoğun bir interval antrenman türüdür. Tipik bir örnek, 30 saniyelik “all-out” sprint ile yaklaşık 4 dakikalık toparlanmanın yinelenmesidir. Şiddetin sabit bir VO_{2max} yüzdesiyle belirtilmesi yerine efor niteliği ve protokol ayrıntıları açıkça verilmelidir. Düşük hacimli SIT, uygun katılımcılarda hem anaerobik performans hem de oksidatif uyumlar sağlayabilir (Burgomaster vd., 2008; Coates vd., 2023).

4.4. Yaş ve Antrenman Düzeyine Göre Dayanıklılık Antrenmanı

4.4.1. Çocuklar ve Gençler

Çocuklarda ve gençlerde dayanıklılık antrenmanları, büyüme ve gelişim süreci dikkate alınarak planlanmalıdır. Ergenlik öncesi dönemde fizyolojik sınırlamalar nedeniyle aerobik kapasite artışı sınırlı olsa da, düzenli aerobik antrenmanlar kardiyorespiratuvar dayanıklılığı geliştirebilir (Rowland, 2005). Çocuklar yüksek yoğunluklu antrenmanlara göre orta düzeyde şiddetli, eğlenceli ve çoklu hareket becerileri içeren antrenmanlardan daha fazla fayda sağlarlar.

Gençlik döneminde ise, VO_{2max} üzerinde gelişmeler daha belirgin hale gelir. Bu yaş grubunda haftada 3–4 gün, 20–40 dakika süren dayanıklılık antrenmanlarının aerobik performans üzerinde olumlu etkiler sağladığı gösterilmiştir (Faigenbaum vd., 2009). Ancak bu dönemde aşırı yüklenmeden kaçınılmalı, teknik beceriler ve motivasyon da desteklenmelidir. Dayanıklılık antrenmanlarının çocuklarda büyümeyi engellemediği ve uygun planlandığında iskelet-kas sistemi gelişimine olumlu katkı sağladığı bildirilmektedir (Malina vd., 2004).

4.4.2. Yetişkin Bireyler

Yetişkin bireylerde dayanıklılık antrenmanları hem aerobik kapasitenin artırılması hem de kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Haftada 150 dakika orta şiddette veya 75 dakika yüksek şiddette aerobik egzersiz önerilmektedir (Garber vd., 2011). Antrenman düzeyine bağlı olarak yöntemler değişebilir. Sedarer yetişkinlerde düşük-orta şiddetli sürekli koşular önerilirken, antrenmanlı bireylerde interval ve tempo koşulara geçiş mümkündür. VO_{2max} seviyesini artırmaya yönelik programlar özellikle yüksek şiddetli aralıklı antrenmanlarla desteklenebilir (Gibala vd., 2012).

4.4.3. Yaşlı Bireyler

Yaşla birlikte VO_{2max} , kas kütlesi ve mitokondriyal kapasitede azalma görülse de, düzenli dayanıklılık antrenmanları bu düşüşü yavaşlatabilir. 60 yaş üstü bireylerde bile aerobik kapasite geliştirilebilir; haftada 3 gün, 20–40 dakika süren orta şiddetli yürüyüş, bisiklet veya yüzme gibi aktiviteler önerilir (Singh, 2002).

Dayanıklılık antrenmanları yaşlı bireylerde sadece fiziksel değil, bilişsel ve psikososyal faydalar da sağlar. Özellikle interval yürüyüş veya düşük şiddetli tempo çalışmaları düşme riskini azaltmakta ve yaşam kalitesini artırmaktadır (Lazarus ve Harridge, 2018).

4.5. Sedanter Bireyler ve Sporcular için Dayanıklılık Farklılıkları

Sedanter bireylerde dayanıklılık antrenmanları genellikle sağlık temelli hedefler doğrultusunda planlanır ve adaptasyon süreci daha uzun olabilir. İlk aşamada düşük şiddetli, sürekli egzersizlere yer verilmesi uygun olur. Bu grup için yürüyüş, hafif tempolu bisiklet veya su egzersizleri ideal başlangıç yöntemleridir (American College of Sports Medicine [ACSM], 2025).

Sporcularda ise antrenman programları, performans odaklıdır. Aerobik ve anaerobik sistemler farklı yoğunluklarda hedeflenerek geliştirilir. Elit sporcularda dayanıklılık antrenmanları yüksek şiddet, düşük toparlanma süresi ve branşa özgü yapılandırmayla uygulanır (Laursen ve Jenkins, 2002). Sporcularda örneğin HIIT ve SIT gibi yöntemlerle VO_{2max} , laktat eşiği ve kas oksijen kullanım kapasitesi üst düzeye çıkarılabilirken; sedanter bireylerde bu tarz yöntemler başlangıçta uygulanması bireylerde bazı problemlere neden olabilir.

4.6. Branşa Göre Dayanıklılık Gereksinimleri

Spor dalları, fiziksel talepleri açısından büyük çeşitlilik gösterdiğinden, her branş kendine özgü bir dayanıklılık profiline sahiptir. Dayanıklılığın türü, düzeyi ve önceliği; sporun süresi, yoğunluğu, dinlenme aralıkları ve oyun yapısına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Reilly, 2006). Bu nedenle spor performansını optimize etmek için branşa özgü dayanıklılık gereksinimlerinin doğru şekilde belirlenmesi büyük önem taşır.

4.6.1. Takım Sporları (Futbol, Basketbol vb.)

Takım sporları; yoğun aralıklı aktiviteler, yön değişiklikleri, sprintler ve kısa süreli toparlanmalar içeren dinamik yapılarıyla öne çıkar. Bu tür sporlarda hem aerobik hem de anaerobik dayanıklılık birlikte önemlidir (Stølen vd., 2005). Futbolcular bir maçta yaklaşık 10–13 km mesafe kat edebilir; toplam mesafenin yaklaşık beşte biri yüksek şiddetli koşulardan oluşurken sprint mesafesi bunun daha küçük bir bölümüdür (Mohr vd., 2003). Basketbol gibi salon sporlarında dayanıklılık, daha çok tekrarlayan sprintler, patlayıcı hareketler ve kısa süreli aktif dinlenmelerden oluşur. Bu sporcuların aerobik temele sahip olmaları, toparlanma hızlarını ve tekrar performanslarını artırmaktadır (McInnes vd., 1995). Takım sporlarında yüksek VO_{2max} , anaerobik eşik ve toparlanma kapasitesi önemli dayanıklılık göstergeleridir.

4.6.2. Bireysel Sporlar (Koşu, Yüzme, Bisiklet)

Bireysel dayanıklılık sporları genellikle uzun süreli ve ritmik kas aktivitesi gerektirir. Bu branşlarda **aerobik dayanıklılık**, performansın temel belirleyicisidir. Uzun mesafe koşucuları, bisikletçiler ve yüzücüler yüksek

düzeyde $VO_2\max$, laktat eşiği ve hareket ekonomisine sahiptir (Joyner ve Coyle, 2008). Örneğin, maraton koşucuları %75–85 $VO_2\max$ seviyelerinde saatlerce egzersiz yapabilirken, bisikletçilerde dayanıklılık antrenmanları kas glikojen depolarının verimli kullanılmasına ve yağ oksidasyon kapasitesinin artmasına katkı sağlar (Jeukendrup vd., 2000). Yüzücülerde ise su direnci ve nefes kontrolü gibi faktörler dayanıklılığın teknik becerilerle birlikte gelişmesini gerektirir.

4.6.3. Dövüş Sporları, Raket Sporları ve Su Sporları

Dövüş sporlarında (boks, judo, güreş vb.), dayanıklılık hem anaerobik güç için patlayıcı enerji üretimini hem de raundlar arasında toparlanmayı kapsar. Yüksek laktat toleransı ve hızlı toparlanma bu sporlarda ön plandadır (Franchini vd., 2011). Raket sporlarında (tenis, masa tenisi, badminton), yüksek yoğunluklu kısa sprintler ve sık yön değişimleri nedeniyle intermittent dayanıklılık (aralıklı dayanıklılık) ön plandadır (Fernandez vd., 2006). Su topu ve kano gibi su sporları da özgül dayanıklılık gerektirir. Özellikle su topu oyuncularında hem üst hem alt ekstremitelerde koordinasyonu hem de sürekli aktivite gereksinimi nedeniyle aerobik ve anaerobik sistemler birlikte devrededir (Smith, 1998).

4.6.4. Karma Spor Branşlarında Dayanıklılığın Rolü

Triatlon, modern pentatlon gibi karma spor branşları, birden fazla fiziksel kapasitenin birleşimini gerektirir. Bu spor dallarında farklı modlarda (yüzme, bisiklet, koşu) enerji sistemlerinin etkin biçimde çalışması beklenir. Dayanıklılık burada sadece aerobik kapasiteye değil, aynı zamanda disiplinler arası geçişlerde kas dayanıklılığına ve zihinsel motivasyona da bağlıdır (Bentley vd., 2002). Ayrıca CrossFit gibi fonksiyonel antrenman sistemlerinde kısa sürede yüksek iş yapabilme kapasitesi yani **metabolik kondisyon** ön plandadır. Bu sporcular hem glikolitik sistemlerini hem de oksidatif sistemlerini aynı anda yüksek verimle kullanmak durumundadır (Mangine vd., 2020).

4.7. Dayanıklılık Testleri

Dayanıklılık kapasitesinin doğru değerlendirilmesi, sporcuların fiziksel uygunluk düzeyinin belirlenmesi ve antrenman programlarının bireye özel olarak yapılandırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda hem laboratuvar temelli testler hem de saha testleri yaygın olarak kullanılmaktadır (ACSM, 2025).

4.7.1. $VO_2\max$ Testleri

$VO_2\max$, bir bireyin egzersiz sırasında tüketebileceği maksimum oksijen miktarını ifade eder ve aerobik kapasitenin temel göstergelerinden biridir. Bu değer, genellikle koşu bandı ya da bisiklet ergometresi üzerinde yapılan kademeli

yüklenme protokolleriyle doğrudan ölçülür (ACSM, 2025). Ancak doğrudan ölçümün mümkün olmadığı durumlarda dolaylı tahmin yöntemleri tercih edilir.

4.7.2. 30-15 Intermittent Fitness Test (30-15 IFT)

30–15 Aralıklı Fitness Testi (30–15 IFT), özellikle aralıklı takım sporlarında performansı değerlendirmek ve yüksek şiddetli interval antrenman hızını bireyselleştirmek için kullanılan bir saha testidir. Test, 30 saniyelik mekik koşuları ile 15 saniyelik toparlanma dönemlerinden oluşur. Son tamamlanan hız VIFT olarak kaydedilir; bu değer yalnızca VO_{2max} 'ı değil, yön değiştirme, toparlanma ve anaerobik katkı gibi test özelliklerini de yansıtır (Buchheit, 2008; Grgic vd., 2021).

Test Protokolü

30-15 Aralıklı Fitness Testi (30-15 IFT), Buchheit (2008) tarafından, futbol, basketbol ve netbol gibi yüksek yoğunluklu aralıklı eforlarla karakterize edilen spor branşlarında sporcuların **aerobik güç ve kapasitesini** değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir. Test, adından da anlaşılacağı üzere aralıklı bir yapıdadır ve **30 saniyelik koşu ile 15 saniyelik aktif toparlanma periyotlarının** ardışık tekrarlarından oluşur. Sporcu test sürecinde **maksimal eforla tükenene kadar** devam eder. Testin başlangıcında sporcular, 30 saniyelik mekik koşularına **8.0 km/saat** hızla başlar. Her yeni 30 saniyelik yüklenme periyodunda koşu hızı **0.5 km/saat artırılır**. Bu döngü, sporcu tükenene ya da aşağıda belirtilen **test sonlandırma kriterlerinden biri** gerçekleşene kadar devam eder. Sporculardan elde edilen **maksimum tamamlanan hız**, test skoru olarak kaydedilir (Buchheit, 2008).

Test Alanının Düzenlenmesi

Testin uygulanacağı düz alanın ortası işaretlenerek başlangıç hattı belirlenir. Bu orta noktadan her iki yöne doğru **3 metrelik mesafeler** işaretlenir. Alan üzerine, tercihen renkli koniler veya şeritler kullanılarak, **A (başlangıç noktası)**, **B (20 veya 14 m)** ve **C (40 veya 28 m)** noktaları işaretlenir. Test sırasında tüm sporcular A noktasında başlar. Başlama sinyali ile birlikte sporcular sırasıyla B ve C noktalarına doğru koşarlar ve ardından yön değiştirerek A noktasına geri dönerler. Her yeni bip sesinde sporcuların belirli bir konumda bulunması beklenir:

- 2. bipte: Sporcu B noktası civarından geçmelidir.
- 3. bipte: Sporcu C noktasında veya o hattın 3 metrelik boşluk alanında olmalıdır.

Sporcular, 30 saniyelik yüklenme süresini tamamladıktan sonra farklı bir bip sesiyle birlikte **15 saniyelik toparlanma periyoduna** geçer. Bu sürede sporcular, yön değiştirdikleri ekseninde ilk 3 metrelik alana kadar **aktif dinlenme (yavaş tempolu yürüme veya jog)** ile ilerlerler.



Şekil 8. Aralıklı fitness koşu testi (30-15 IFT)

(<https://www.scienceforsport.com/30-15-intermittent-fitness-test>, Erişim Tarihi: 05.07.2025).

Test Skorunun Belirlenmesi

Sporcunun tamamlayabildiği son başarılı koşunun hızı, test skoru olarak kabul edilir. Örneğin, bir sporcu **20.0 km/saat** hızdaki periyodu tamamlayamazsa, bir önceki hız olan **19.5 km/saat**, test skoru olarak kaydedilir.

VO₂max Tahmini Formülü

30-15 IFT skoru kullanılarak sporcunun **maksimal oksijen tüketimi (VO₂max)** aşağıdaki formül ile tahmin edilebilir:

$$VO_{2max}(ml.kg^{-1}.min^{-1})= 28.3 -(2.15 \times C) -(0.741 \times Y) -(0.0357 \times K) + (0.0586 \times Y \times H) + (1.03 \times H)$$

C= cinsiyet (erkek=1; kız=2)

Y= yaş

K= vücut ağırlığı (kg)

H= hız

4.7.3. Cooper Testi

Cooper testi, 12 dakikalık sürekli koşu protokolüdür ve bu sürede alınan mesafe VO₂max tahmini için kullanılır. Sahada kolayca uygulanabilir olması nedeniyle özellikle okul ve amatör düzey sporcularda tercih edilmektedir (Cooper, 1968).

Uygulama Protokolü:

Test Alanı:

400 metrelik standart atletizm pisti, düz ve açık saha ya da GPS/mesafe ölçer ile ölçülmüş bir koşu parkuru kullanılabilir. Alanın çevresine her 50 veya 100 metrede bir mesafe işaretlemesi yapılmalıdır.

Hazırlık:

Katılımcılar teste başlamadan önce ısınma (5–10 dakika düşük tempolu koşu ve dinamik germe) yapmalıdır.

Katılımcılara testin amacı ve süresi açık şekilde anlatılır.

Testin Uygulanışı:

Katılımcı, 12 dakikalık süre boyunca **mümkün olan en uzun mesafeyi** koşturmalıdır.

Süre boyunca koşu temposu kişinin kendi stratejisine bağlıdır. Ancak kesintisiz devam edilmesi teşvik edilir.

Test boyunca süre bir kronometre ile takip edilir ve süre bitiminde kat edilen toplam mesafe kaydedilir.

Değerlendirme:

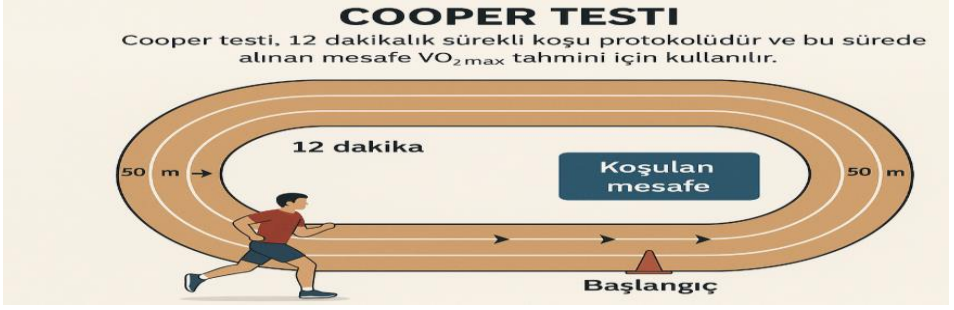
Katılımcının koştuğu **toplam mesafe (metre cinsinden)** kaydedilir.

Aşağıdaki formülle tahmini VO_{2max} değeri hesaplanır:

Cooper 12 dakika koşu testi için yaygın kullanılan tahmin eşitliği şu şekildedir: $VO_{2max} (ml/kg/dk) = [koşulan\ mesafe\ (m) - 504,9] / 44,73$ (Cooper, 1968).

Not:

- Test açık havada yapılacaksa hava koşulları göz önünde bulundurulmalıdır.
- Katılımcının sağlık durumu önceden değerlendirilmelidir.
- Gerektiğinde test sırasında nabız izleme cihazı kullanılabilir.



Şekil 9. Cooper testi

4.7.4. Laktat Testi (Laktat Eşiği Belirleme Testi)

Laktat testi, anaerobik eşiğin (laktat eşiği) belirlenmesinde kullanılan bir laboratuvar testidir. Egzersiz sırasında kademeli artan yüklenmeler sonrası kandaki laktat düzeyi ölçülür. Laktat eşiği, dayanıklılık antrenmanlarının yoğunluğunu belirlemede ve antrenman bölgelerinin tayininde oldukça kritik bir parametredir (Faude vd., 2009). Bu eşik noktası, dayanıklılık antrenmanlarının bireyselleştirilmesinde, **antrenman bölgelerinin tanımlanmasında**, performans düzeyinin izlenmesinde ve toparlanmanın planlanmasında kritik rol oynar.

Laktat Testi Uygulama Protokolü

Test Ortamı:

Bu test Faude vd., (2009) belirttiği gibi uygulanabilmektedir;

- Tercihen laboratuvar koşullarında, treadmill (koşu bandı) veya ergometrik bisiklet ile uygulanır.
- Laktat ölçüm cihazı (laktat analizörü), kapiller kan örneği almak için delici/lanset ve alkol pedi bulundurulmalıdır.

Protokol Adımları:

Isınma:

Sporcu, test öncesinde 5–10 dakika boyunca düşük yoğunluklu ısınma yapar.

Başlangıç Yüklenmesi:

Treadmill: 6–8 km/saat

Bisiklet ergometresi: 100–150 Watt

Yüklenme şiddeti sporcunun performans düzeyine göre ayarlanır.

Aşamalı Artış:

Her aşama genellikle **3–5 dakika** sürer.

Aşama sonunda sporcudan **parmak ucundan veya kulak memesinden** kapiller kan örneği alınır. Koşu bandında hız veya eğim artırılır; bisiklette watt artırılır.

Laktat Ölçümü:

Her aşama sonunda alınan kan örneğindeki **laktat değeri (mmol/L)** analiz cihazıyla ölçülür.

Bu işlem, sporcunun **tükenme noktasına yaklaşıp kadar** sürdürülür veya önceden belirlenen son aşamaya kadar devam eder.

Testin Sonlandırılması:

Sporcu isteğe bağlı olarak testi bırakabilir veya belirlenen maksimum aşama tamamlandığında test sonlandırılır. Ardından soğuma (cool-down) yapılmalıdır.

Veri Analizi:

Her aşamadaki laktat değerleri ve karşılık gelen hız/Watt değeri grafik üzerinde işaretlenir. **Laktat eşiği**, genellikle kandaki laktatın **ani bir artış** gösterdiği noktada kabul edilir (örneğin: 2 mmol/L ya da 4 mmol/L eşiği - LT1 ve LT2).

Uygulama Notları:

- Test öncesi en az 2 saatlik açlık, 24 saat içinde yoğun antrenman yapılmamış olması önerilir.
- Testten 24 saat önce kafein ve laktat düzeyini etkileyebilecek takviyeler alınmamalıdır.
- Ölçüm cihazlarının kalibrasyonu ve kan örneklerinin dikkatli alınması sonuçların doğruluğu için kritiktir.

4.7.5. Yo-Yo Testleri

Yo-Yo Intermittent Recovery (IR) ve Intermittent Endurance (IE) testleri, özellikle aralıklı takım sporlarında fiziksel uygunluğu değerlendirmek için kullanılan saha testleridir. Her iki test ailesinin de Seviye 1 ve Seviye 2 sürümleri vardır. IR testlerinde her 2×20 m koşu sonrasında kısa aktif toparlanma bulunurken IE testlerinde koşu araları daha kısadır. Bu nedenle test seçimi yalnızca “amatör” veya “elit” ayrımıyla değil, kullanılan test türü, seviye, spor dalı, cinsiyet ve sporcunun antrenman düzeyi dikkate alınarak yapılmalıdır (Schmitz vd., 2018).

Uygulama Protokolleri

1. Yo-Yo Intermittent Recovery Testi (Level 1 - IR1)

Alan Kurulumu:

Düz zemin üzerinde 20 metrelik iki işaretli çizgi.

Başlangıç çizgisi ile dinlenme bölgesi arasında 5 metrelik alan işaretlenir.

Test Yapısı:

Sporcu, 20 m ileri ve geri koşar (mekik koşusu). Her mekikten sonra **5 metre yürüyerek** dinlenme bölgesine gelir ve **10 saniye aktif dinlenme** yapar.

Sesli komutlarla (bip sesleriyle) koşu ritmi belirlenir. Hız her etapta artar.

Sporcunun iki kez üst üste bipi kaçırması testi sonlandırır.

Toplam kat edilen mesafe, test skoru olarak kaydedilir.



Şekil 10. Yo-yo intermittent recovery test (Level 1 - IR1)

<https://www.scienceforsport.com/yo-yo-intermittent-recovery-test-level> (Erişim Tarihi: 05.07.2025)

Yo-Yo Intermittent Endurance Testi (Level 1)

Alan Kurulumu:

Aynı şekilde 20 m'lik koşu hattı. Ancak **dinlenme alanı yoktur**.

Test Yapısı:

Sporcu, 20 m ileri-geri mekik koşularını **kesintisiz** şekilde sürdürür.

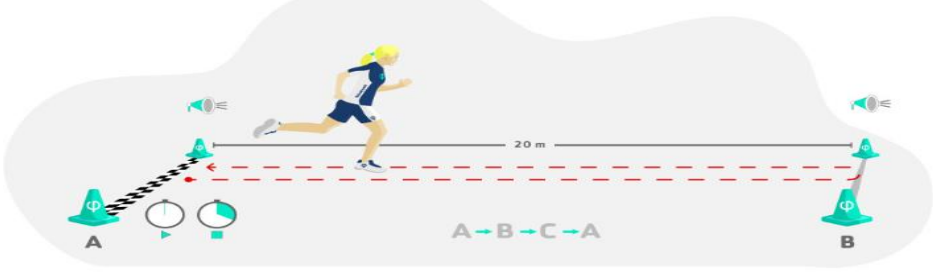
Hız, her aşamada sesli sinyallerle artar.

Bip sesine yetişemeyen sporcuya bir uyarı verilir; ikinci kez geciktiğinde test sonlandırılır.

Toplam mesafe, test sonucu olarak değerlendirilir.

Test Materyalleri:

Bip ses dosyası veya uygulama, Düz saha, Koni, mezura, kronometre, Test takip formu



Şekil 11. Yo-yo intermittent endurance test (Level 1)

<https://fisicalcoach.com/en/wiki-tests/yo-yo-endurance-test-yyet/> (Erişim Tarihi: 05.07.2025).

4.7.6. Carminatti Shuttle Run Test (CSRT)

Carminatti testi (T-CAR), futbol ve futsal gibi aralıklı efor gerektiren sporlarda sahaya özgü aerobik uygunluğu ve aralıklı koşu performansını değerlendirmek için geliştirilmiş kademeli bir mekik koşusu testidir. Temel çıktı, testte ulaşılan tepe koşu hızıdır; bu değer laboratuvar temelli aerobik göstergelerle ilişkili olmakla birlikte doğrudan VO_{2max} ölçümü değildir (Dittrich vd., 2011; Carminatti vd., 2013).

Sonucun Kaydedilmesi ve Yorumlanması:

Sporcunun tamamladığı son kademedeki tepe koşu hızı test skoru olarak kaydedilir. Mevcut geçerlik kanıtları T-CAR tepe hızının aerobik göstergelerle ilişkisini desteklese de bu değer doğrudan VO_{2max} değildir ve genel bir VO_{2max} dönüşüm eşitliği kullanılmamalıdır. Yorumlamada kullanılan protokol ve örneklem dikkate alınmalıdır (Carminatti vd., 2013; Thron vd., 2024).

Test yapısı şu şekildedir:

- Her kademe, beş adet 12 saniyelik mekik koşusundan oluşur; koşular arasında 6 saniyelik yürüme/toparlanma vardır ve her kademe toplam 90 saniye sürer.
- Test 9 km/saat başlangıç hızı ve 15 m tek yönlü koşu mesafesiyle başlar. Her yeni 90 saniyelik kademede tek yönlü mesafe 1 m artırılır.
- Sporcu temposunu sesli sinyallere göre ayarlar ve belirlenen çizgilere zamanında ulaşmaya çalışır.

- Protokoldeki sonlandırma ölçütü gerçekleştiğinde test durdurulur ve tamamlanan son kademenin tepe koşu hızı kaydedilir (Dittrich vd., 2011; Carminatti vd., 2013).
- Bu tepe hız, aralıklı koşu performansının izlenmesi ve antrenman şiddetinin bireyselleştirilmesi için kullanılabilir; doğrudan VO_{2max} değeri olarak raporlanmamalıdır.

Avantajları:

- Takım sporlarına özgü yön değiştirme becerilerini içerdiği için sahaya özgü dayanıklılığı yansıtır.
- Test; yön değiştirmeli, aralıklı koşu performansının sahaya özgü biçimde izlenmesine ve tepe koşu hızına göre antrenman şiddetinin bireyselleştirilmesine katkı sağlar (Dittrich vd., 2011; Carminatti vd., 2013).

4.7.7. Nabız Takibi, GPS ve Performans İzleme Sistemleri

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, sporcularda dayanıklılık performansını izlemek için giyilebilir teknolojiler yaygın olarak kullanılmaktadır. Kalp atış hızı monitörleri, egzersiz yoğunluğunu belirlemede önemli bilgiler sunar. GPS sistemleri ile ise mesafe, hız, ivmelenme gibi parametreler sahada anlık olarak takip edilebilir (Cummins vd., 2013). Ayrıca hız-zaman ve yüklenme-hacim analizleri, spor bilimcilerinin antrenman sürecini daha verimli yönetmesine yardımcı olur.

4.8. Dayanıklılık Antrenmanlarında Sık Yapılan Hatalar ve Antrenman Programlama İlkeleri

4.8.1. Aşırı Antrenman

Dayanıklılık sporcuları arasında, performansı artırma isteğiyle birlikte artan antrenman yükü zamanla “overtraining” (aşırı antrenman) sendromuna neden olabilir. Aşırı antrenman; yeterli toparlanma süresi tanınmaksızın uygulanan yoğun egzersizlerin, performans düşüklüğü, kronik yorgunluk, uyku bozuklukları ve bağışıklık sisteminde zayıflık gibi belirtilerle sonuçlanması durumudur (Meeusen vd., 2013). Bu durum, sadece fizyolojik değil aynı zamanda psikolojik etkilerle de ilişkilidir. Özellikle dayanıklılık sporlarında görülen tükenmişlik, motivasyon kaybı, halsizlik ve zihinsel bulanıklıkla kendini gösterebilir.

4.8.2. Yetersiz Toparlanma Süreleri

Etkili bir antrenman süreci yalnızca yüklenmenin değil, toparlanmanın da planlanmasını gerektirir. Yetersiz toparlanma, antrenmana uyumu ve performansı olumsuz etkileyebilir. Toparlanma; fiziksel dinlenmenin yanı sıra uyku, beslenme, psikolojik stres ve çevresel koşulları da kapsayan çok boyutlu bir süreçtir. Özellikle yoğun antrenman dönemlerinde yüklenme ve toparlanma göstergelerinin birlikte izlenmesi önerilir (Kellmann vd., 2018; Meeusen vd., 2013).

4.8.3. Antrenman Yoğunluğu ve Hacminin Dengelenmesi

Dayanıklılık performansını artırmada hem antrenman yoğunluğu (şiddeti) hem de hacmi (süresi/frekansı) önemlidir. Ancak bu iki değişkenin dengesiz bir şekilde uygulanması adaptasyonu olumsuz etkileyebilir. Özellikle yüksek hacimli ama düşük yoğunluklu antrenmanların aerobik kapasiteyi geliştirirken, şiddetin artırılmasının anaerobik eşik üzerinde daha belirgin etkiler sağladığı bilinmektedir (Seiler, 2010). Bu nedenle antrenman planlamasında yoğunluk ve hacim arasında doğru denge kurulmalı, bireysel ihtiyaçlara göre özelleştirilmiş programlar tercih edilmelidir.

4.8.4. Periyodizasyon ve Yüklenme İlkelerinin Uygulanması

Antrenman planlamasında Periyodizasyon, yüklenme ve toparlanma dönemlerinin sistemli bir şekilde organize edilmesini sağlar. Geleneksel lineer Periyodizasyona ek olarak, günümüzde blok ve dalgalı (undulating) Periyodizasyon modelleri de kullanılmaktadır (Issurin, 2008). Yüklenme ilkeleri ise yoğunluk, hacim, sıklık ve çeşitlilik gibi değişkenlerin kontrollü şekilde yönetilmesini içerir. Adaptasyon sürecini desteklemek için yüklenme ilkelerinin “aşamalılık” ve “bireysellik” prensiplerine uygun biçimde uygulanması gerekmektedir (Bompa ve Haff, 2009). Bu yaklaşım, hem performansın zirveye taşınmasını hem de sakatlık risklerinin azaltılmasını sağlar.

Kaynakça

- Alabduladhem, T. O., & Bordoni, B. (2021). Physiology, Krebs cycle. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
- American College of Sports Medicine. (2025). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (12th ed.). Wolters Kluwer.
- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (Eds.). (2008). *Essentials of strength training and conditioning* (3rd ed.). Human Kinetics.
- Baker, D. (2011). Recent trends in high-intensity aerobic training for field sports. *Professional Strength & Conditioning*, 22, 3–8. https://www.danbakerstrength.com/s/Receng-trends-in-high-intensity-aerobic_training.pdf
- Bassett, D. R., Jr., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(1), 70–84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Beneke, R. (2003). Methodological aspects of maximal lactate steady state—Implications for performance testing. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 95–99. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0783-1>
- Bentley, D. J., Millet, G. P., Vleck, V. E., & McNaughton, L. R. (2002). Specific aspects of contemporary triathlon. *Sports Medicine*, 32(6), 345–359.
- Berg, K. (1982). Anaerobic conditioning: Training the three energy systems. *Strength & Conditioning Journal*, 4(1), 48–50.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability—Part II: Recommendations for training. *Sports Medicine*, 41(9), 741–756.
- Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and methodology of training* (5th ed.). Human Kinetics.
- Brooks, G. A. (2018). The science and translation of lactate shuttle theory. *Cell Metabolism*, 27(4), 757–785. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.03.008>
- Buchheit, M. (2008). The 30–15 intermittent fitness test: Accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 365–374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181635b2e>

- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports Medicine*, 43(5), 313–338.
- Burgomaster, K. A., Howarth, K. R., Phillips, S. M., Rakobowchuk, M., Macdonald, M. J., McGee, S. L., & Gibala, M. J. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *The Journal of Physiology*, 586(1), 151–160. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.142109>
- Cahill, B. R., Misner, J. E., & Boileau, R. A. (1997). The clinical importance of the anaerobic energy system and its assessment in human performance. *The American Journal of Sports Medicine*, 25(6), 863–872.
- Carminatti, L. J., Possamai, C. A. P., de Moraes, M., da Silva, J. F., de Lucas, R. D., Dittrich, N., & Guglielmo, L. G. A. (2013). Intermittent versus continuous incremental field tests: Are maximal variables interchangeable? *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(1), 165–170.
- Clemente, F. M., Ramirez-Campillo, R., Sarmiento, H., Praça, G. M., Afonso, J., Silva, A. F., & Knechtle, B. (2021). Effects of small-sided game interventions on the technical execution and tactical behaviors of young and youth team sports players: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 12, 667041.
- Clough, P., Earle, K., & Sewell, D. (2002). Mental toughness: The concept and its measurement. In I. Cockerill (Ed.), *Solutions in sport psychology* (pp. 32–43). Thomson.
- Coates, A. M., Joyner, M. J., Little, J. P., Jones, A. M., & Gibala, M. J. (2023). A perspective on high-intensity interval training for performance and health. *Sports Medicine*, 53(Suppl. 1), 85–96. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01938-6>
- Cooper, K. H. (1968). A means of assessing maximal oxygen intake: Correlation between field and treadmill testing. *JAMA*, 203(3), 201–204. <https://doi.org/10.1001/jama.1968.03140030033008>
- Crozier, J., Roig, M., Eng, J. J., MacKay-Lyons, M., Fung, J., Ploughman, M., Bailey, D. M., Sweet, S. N., Giacomantonio, N., Thiel, A., Trivino, M., & Tang, A. (2018). High-intensity interval training after stroke: An opportunity to promote functional recovery, cardiovascular health, and neuroplasticity. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 32(6–7), 543–556. <https://doi.org/10.1177/1545968318766663>

- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: A systematic review. *Sports Medicine*, 43(10), 1025–1042. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0069-2>
- Dellal, A., Hill-Haas, S., Lago-Peñas, C., & Chamari, K. (2011). Small-sided games in soccer: Amateur vs. professional players' physiological responses, physical, and technical activities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2371–2381.
- Dittrich, N., da Silva, J. F., Castagna, C., de Lucas, R. D., & Guglielmo, L. G. A. (2011). Validity of Carminatti's test to determine physiological indices of aerobic power and capacity in soccer and futsal players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3099–3106. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182132ce7>
- Dupont, G., Akakpo, K., & Berthoin, S. (2004). The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 584–589.
- Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: Updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, S60–S79.
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: How valid are they? *Sports Medicine*, 39(6), 469–490.
- Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., & Pluim, B. M. (2006). Intensity of tennis match play. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), 387–391.
- Franchini, E., Del Vecchio, F. B., Matsushigue, K. A., & Artioli, G. G. (2011). Physiological profiles of elite judo athletes. *Sports Medicine*, 41(2), 147–166.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I.-M., Nieman, D. C., & Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(7), 1334–1359. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182132fefb>

- Gasmi, A., Peana, M., Arshad, M., Butnariu, M., Menzel, A., & Bjørklund, G. (2021). Krebs cycle: Activators, inhibitors and their roles in the modulation of carcinogenesis. *Archives of Toxicology*, 95(4), 1161–1178. <https://doi.org/10.1007/s00204-021-02974-9>
- Gibala, M. J., Little, J. P., Macdonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(5), 1077–1084.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability—Part I: Factors contributing to fatigue. *Sports Medicine*, 41(8), 673–694.
- Granero-Gallegos, A., González-Quílez, A., Plews, D., & Carrasco-Poyatos, M. (2020). HRV-based training for improving VO₂max in endurance athletes: A systematic review with meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 7999. <https://doi.org/10.3390/ijerph17217999>
- Grgic, J., Lazinica, B., & Pedisic, Z. (2021). Test–retest reliability of the 30–15 intermittent fitness test: A systematic review. *Journal of Sport and Health Science*, 10(4), 413–418. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.04.010>
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2001). *Tıbbi fizyoloji* (10. baskı). Nobel Kitabevi.
- Günay, M., Tamer, K., & Cicioğlu, İ. (2010). *Spor fizyolojisi ve performans ölçümü*. Gazi Kitabevi.
- Günay, M., Tamer, K., & Cicioğlu, H. (2017). *Spor fizyolojisi: Performansa yönelik temeller*. Gazi Kitabevi.
- Hargreaves, M., & Spriet, L. L. (2020). Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nature Metabolism*, 2(9), 817–828. <https://doi.org/10.1038/s42255-020-0251-4>
- Hasanli, M., Nikooie, R., Aveseh, M., & Mohammad, F. (2015). Prediction of aerobic and anaerobic capacities of elite cyclists from changes in lactate during isocapnic buffering phase. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 321–329. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000640>
- Hawley, J. A., & Hopkins, W. G. (1995). Aerobic glycolytic and aerobic lipolytic power systems. *Sports Medicine*, 19(4), 240–250.

- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players. *Sports Medicine*, 34(3), 165–180.
- Issurin, V. (2008). Block periodization versus traditional training theory: A review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(1), 65–75.
- Jeukendrup, A. E., Craig, N. P., & Hawley, J. A. (2000). The bioenergetics of world-class cycling. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 3(4), 414–433.
- Jones, G., Hanton, S., & Connaughton, D. (2002). What is this thing called mental toughness? An investigation with elite sport performers. *Journal of Applied Sport Psychology*, 14(3), 205–218.
- Jovanović, M. (2018). *HIIT manual: High-intensity intermittent training*. Complementary Training Academy.
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: The physiology of champions. *The Journal of Physiology*, 586(1), 35–44.

BEŞİNCİ BÖLÜM

GÜNCEL ANTRENMAN YAKLAŞIMLARI VE BİLİMSEL GELİŞMELER

Dr. Öğr. Üyesi Burak TAŞ

Antrenman bilimi, sportif performansın geliştirilmesinde fizyoloji, biyomekanik ve psikoloji gibi farklı disiplinlerden yararlanan dinamik bir alandır. Geleneksel antrenman planlaması, yüklenmelerin önceden belirlenen dönemlere ayrılmasına dayanırken güncel yaklaşım, antrenman programlarının sporcunun değişen performans ve toparlanma durumuna göre uyarlanmasını öne çıkarmaktadır. Çünkü sportif gelişim her zaman doğrusal ilerlememekte ve önceden hazırlanan sabit programlar süreç içerisindeki değişimleri yeterince yansıtmayabilmektedir (Kiely, 2018).

Aynı antrenman programını uygulayan sporcuların kuvvet, dayanıklılık ve kas hipertrofisi bakımından farklı düzeylerde gelişim göstermesi, bireyselleştirilmiş antrenman uygulamalarının önemini artırmıştır. Bu farklılıklar; başlangıç performansı, antrenman geçmişi, genetik özellikler, uyku, beslenme ve psikolojik stres gibi birçok etkenden kaynaklanabilmektedir. Bununla birlikte, ölçüm hatası ve günlük performans değişkenliği de bireysel yanıtların değerlendirilmesini güçleştirmektedir. Bu nedenle antrenman kararlarının tek bir ölçüme değil, düzenli ve tekrarlı değerlendirmelere dayandırılması gerekmektedir (Atkinson ve Batterham, 2015; Ross vd., 2019).

Kanıtı dayalı uygulama, bilimsel araştırmalardan elde edilen sonuçların antrenör deneyimi, spor dalının gereksinimleri ve sporcunun bireysel özellikleriyle birlikte değerlendirilmesini ifade etmektedir. Bir yöntemin araştırmalarda etkili bulunması, her sporcu ve her uygulama koşulu için aynı sonucu oluşturacağı anlamına gelmez. Dolayısıyla güncel antrenman biliminde amaç, popüler yöntemleri doğrudan uygulamak değil; geçerliliği gösterilmiş yöntemleri uygun sporcuya, doğru zamanda ve uygun yüklenme düzeyinde kullanmaktır (Halperin vd., 2018).

Güncel antrenman uygulamalarında dış yük ile iç yük arasındaki ayrım önemli bir yere sahiptir. Dış yük; koşu mesafesi, hız, ivmelenme, kaldırılan ağırlık ve tekrar sayısı gibi gerçekleştirilen fiziksel işi gösterirken iç yük, sporcunun bu çalışmaya verdiği fizyolojik ve algısal yanıtı ifade etmektedir. Aynı dış yükün farklı sporcularda veya aynı sporcunun farklı günlerinde farklı iç yükler

oluşturabilmesi, yalnızca yapılan antrenman miktarının kaydedilmesini yetersiz hâle getirmektedir (Impellizzeri vd., 2019; Vanrenterghem vd., 2017).

GPS/GNSS sistemleri, kalp atım hızı monitörleri, hareket hızı ölçüm cihazları ve algılanan zorluk ölçekleri, antrenman yükünün saha koşullarında daha ayrıntılı izlenmesine olanak sağlamıştır. Bu araçlardan elde edilen veriler, antrenman şiddeti ve hacminin sporcunun günlük hazır oluşluk düzeyine göre düzenlenmesini kolaylaştırmaktadır. Ancak daha fazla veri, tek başına daha doğru karar anlamına gelmemektedir. Kullanılan araçların geçerli ve güvenilir olması, ölçümlerin standart koşullarda gerçekleştirilmesi ve sonuçların antrenman bağlamı içerisinde yorumlanması gerekmektedir (Bourdon vd., 2017; Saw vd., 2016).

5.1. Velocity-Based Training (VBT)

Velocity-Based Training (VBT), direnç antrenmanında yüklenme şiddetinin hareket hızı üzerinden belirlenmesine ve düzenlenmesine dayanan bir yöntemdir. Geleneksel yöntemde antrenman yükleri genellikle sporcunun bir tekrarda kaldırabildiği en yüksek ağırlığın yüzdesine göre belirlenirken VBT’de konsantrik faz sırasında ulaşılan hareket hızı temel alınır. Böylece sporcunun yalnızca kaldırdığı ağırlık değil, bu ağırlığı hangi hızda hareket ettirebildiği de değerlendirilir. Hareket hızının anlık olarak ölçülmesi; yük seçimi, performans takibi ve set içi yorgunluğun kontrol edilmesi için nesnel bir veri sağlar (Weakley vd., 2021a).

5.1.1. Yük-Hız İlişkisi

VBT’nin temelini, kaldırılan yük ile konsantrik hareket hızı arasındaki ters yönlü ilişki oluşturmaktadır. Kullanılan ağırlık arttıkça hareket hızı azalırken yük hafifledikçe daha yüksek hareket hızlarına ulaşılmaktadır. Maksimal kuvvete yakın yükler düşük hızlarda hareket ettirilirken güç ve sürat geliştirmeyi amaçlayan daha hafif yükler daha yüksek hızlarda uygulanabilir. González-Badillo ve Sánchez-Medina (2010), bench press egzersizinde ortalama hareket hızı ile 1TM yüzdesi arasında güçlü bir ilişki bulunduğunu ve hareket hızının göreceli yükün belirlenmesinde kullanılabileceğini göstermiştir.

Yük-hız profili, farklı ağırlıklarda gerçekleştirilen tekrarların hızlarının ölçülmesiyle oluşturulur. Bunun için sporcu hafif yüklerden ağır yüklere doğru ilerleyen birkaç set gerçekleştirir ve her yükte mümkün olan en yüksek istemli hızla çalışır. Elde edilen verilerle sporcunun belirli hızlarda hangi yükleri kaldırabildiği tahmin edilebilir. Ancak bu ilişki egzersize özgüdür. Squat, bench press ve deadlift gibi hareketlerde aynı 1TM yüzdesine karşılık gelen hız

değerleri farklı olabilir. Bu nedenle bir egzersiz için oluşturulan hız bölgeleri başka bir egzersize doğrudan aktarılmamalıdır (García-Ramos ve Jaric, 2018).

VBT’de antrenman yükü, sporcunun o gün belirli bir ağırlıkla ulaştığı hıza göre değiştirilebilir. Normal koşullarda 0,75 m/s hızla uygulanması beklenen bir yük 0,65 m/s hızla hareket ettiriliyorsa performans kapasitesinde geçici bir düşüş olduğu düşünülebilir ve ağırlık azaltılabilir. Beklenen hızdan daha yüksek bir değer ise sporcunun o günkü performans kapasitesinin arttığını gösterebilir. Böylece program, yalnızca haftalar önce yapılan 1TM testine bağlı kalmadan günlük performansa göre düzenlenebilir (Banyard vd., 2019).

Hareket hızının doğru yorumlanabilmesi için konsantrik fazın her tekrarda mümkün olan en yüksek istemli hızla gerçekleştirilmesi gerekir. Ağır bir yükün gerçek hareket hızı düşük olsa bile sporcunun ağırlığı hızlandırma niyeti yüksek olmalıdır. Hareketin bilinçli olarak yavaşlatılması, elde edilen hız değerinin yük veya nöromüsküler durumla ilişkilendirilmesini güçleştirir. Maksimal istemli hızla gerçekleştirilen tekrarlar, kuvvetin daha hızlı üretilmesine katkı sağlayabilir (González-Badillo vd., 2014).

5.1.2. Hız Kaybı Eşikleri

Bir set içerisindeki tekrarlar ilerledikçe yorgunluğa bağlı olarak hareket hızı azalır. İlk veya en hızlı tekrar ile sonraki tekrarlar arasındaki bu azalma, hız kaybı olarak adlandırılır. Hız kaybı yüzdesi aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\text{Hız kaybı (\%)} = [(\text{En yüksek tekrar hızı} - \text{Mevcut tekrar hızı}) / \text{En yüksek tekrar hızı}] \times 100$$

Örneğin setteki en yüksek hız 0,80 m/s, son tekrarın hızı 0,64 m/s ise hız kaybı %20’dir. VBT uygulamasında set, önceden belirlenen hız kaybı eşiğine ulaşıldığında sonlandırılabilir. Böylece sabit tekrar sayısı kullanmak yerine sporcunun o sette geliştirdiği yorgunluk düzeyi dikkate alınır. Hareket hızındaki azalmanın laktat birikimi ve nöromüsküler yorgunlukla ilişkili olması, hız kaybının set içi yorgunluğun izlenmesinde kullanılmasını desteklemektedir (Sánchez-Medina ve González-Badillo, 2011).

Düşük hız kaybı eşikleri, sette daha az tekrar yapılmasına ve gereksiz yorgunluğun sınırlandırılmasına yardımcı olur. Yüksek hız kaybı eşikleri ise daha fazla tekrar, daha uzun gerilim süresi ve daha yüksek metabolik stres oluşturur. Pareja-Blanco vd.. (2017), squat antrenmanında %20 ve %40 hız kaybı eşiklerini karşılaştırmış; %20 hız kaybıyla çalışan grubun daha az tekrar yapmasına rağmen kuvvet gelişiminin benzer, sıçrama performansındaki artışın ise daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Buna karşılık %40 hız kaybı daha fazla kas hipertrofisi

oluşturmuş, ancak tip II kas lifi özelliklerinde daha olumsuz değişimlerle ilişkilendirilmiştir.

Hız kaybı eşiği antrenman amacına göre belirlenmelidir. Maksimal kuvvet, güç ve patlayıcı performansın öncelikli olduğu dönemlerde düşük veya orta düzeyde hız kaybı, tekrar kalitesinin korunmasına yardımcı olabilir. Kas hipertrofisinin öncelikli olduğu uygulamalarda daha yüksek hız kaybına izin verilebilir. Ancak yüksek hız kaybı her durumda daha fazla hipertrofi anlamına gelmez; yük, toplam hacim, egzersiz seçimi ve başarısızlığa yakınlık da kas gelişimini etkiler (Hickmott vd., 2022).

5.1.3. Avantajları ve Sınırlılıkları

VBT'nin önemli avantajlarından biri, antrenman şiddetinin günlük performans değişimlerine göre düzenlenebilmesidir. Hareket hızının takip edilmesi sporcuya anlık geri bildirim sağlayarak maksimal hız niyetini ve tekrar kalitesini artırabilir. Setlerin hız kaybı eşiğine göre sonlandırılması, yüksek nitelikli tekrarların korunmasına ve düşük kaliteli tekrarların sınırlandırılmasına yardımcı olur. Bununla birlikte, VBT'nin yüzde temelli antrenmana kesin olarak üstün olduğu söylenemez; etkinliği seçilen hız bölgesine, hız kaybı eşiğine, programın süresine ve sporcunun antrenman düzeyine bağlıdır (Orange vd., 2020).

VBT uygulamalarında doğrusal konum ve hız dönüştürücüler, ivmeölçerler ve kamera tabanlı mobil uygulamalar kullanılmaktadır. Ancak bu cihazların ölçüm doğruluğu aynı değildir. Özellikle yüksek hareket hızlarında veya hareket doğrultusunun tam dikey olmadığı serbest ağırlık egzersizlerinde ölçüm hatası artabilir. Farklı cihazlardan elde edilen ortalama hız, ortalama itici hız ve tepe hız değerleri birbirinin yerine kullanılmamalıdır. Uzun dönemli takipte aynı cihazın, aynı egzersizin ve aynı protokolün kullanılması daha güvenilir karşılaştırmalar sağlar (Weakley vd., 2021b).

VBT'nin saha uygulamasındaki diğer bir sınırlılığı, her sporcu ve egzersiz için bireysel yük-hız profili oluşturmanın zaman ve ekipman gerektirmesidir. Grup antrenmanlarında çok sayıda sporcunun eş zamanlı izlenmesi de uygulamayı güçleştirebilir. Günlük hız değişimi her zaman yorgunluktan kaynaklanmaz; teknik farklılıklar, motivasyon, ısınma, hareket derinliği ve cihazın yerleştirilmesi de ölçülen hızı etkileyebilir. Bu nedenle hız verileri sporcunun algılanan zorluk derecesi, hazır oluşluk durumu ve teknik performansı ile birlikte değerlendirilmelidir (Guppy ve Kendall, 2024).

5.2. Sprint Interval Training (SIT)

Sprint Interval Training (SIT), kısa süreli maksimal veya supramaksimal eforların pasif ya da düşük şiddetli toparlanma aralıklarıyla tekrarlandığı bir interval antrenman yöntemidir. SIT protokollerinde çalışma şiddeti genellikle MaxVO_2 'ye karşılık gelen yükün üzerindedir ve sporcu her tekrarı mümkün olan en yüksek eforla gerçekleştirir. Bu özellik SIT'yi, çoğunlukla maksimal eforun altında uygulanan High-Intensity Interval Training'den ayırır. Klasik SIT protokolü, 4–6 adet 30 saniyelik Wingate sprintinin 2–4 dakikalık toparlanma aralıklarıyla uygulanmasına dayanır (Buchheit ve Laursen, 2013).

5.2.1. Uygulama Özellikleri

SIT; bisiklet ergometresi, koşu, kürek ve spor dalına özgü tekrarlı sprintlerle uygulanabilir. Antrenmanın yapısı sprint süresi, tekrar sayısı, toparlanma süresi ve kullanılan egzersiz türüne göre değişmektedir. En sık kullanılan protokollerde 20–30 saniyelik maksimal sprintler bulunmakla birlikte 5–10 saniyelik daha kısa sprintlerden oluşan düşük hacimli uygulamalar da kullanılmaktadır. Sprint süresinin uzaması glikolitik katkıyı ve metabolik yükü artırırken kısa sprintler yüksek güç üretiminin korunmasını kolaylaştırır (Vollaard ve Metcalfe, 2017).

Klasik SIT uygulamalarında çalışma-toparlanma oranı çoğunlukla 1:6 ile 1:12 arasındadır. Otuz saniyelik bir sprint sonrasında 2–4 dakikalık toparlanma verilmesi, fosfokreatin depolarının kısmen yenilenmesine ve sonraki tekrarda yüksek güç üretiminin sürdürülmesine yardımcı olur. Toparlanma süresi kısaltıldığında fizyolojik stres artmasına rağmen sonraki sprintlerde üretilen hız ve güç daha fazla azalabilir. Bu nedenle yüksek nitelikli sprintlerin tekrarlanması amaçlandığında daha uzun, metabolik yükün artırılması amaçlandığında nispeten daha kısa toparlanma aralıkları tercih edilebilir (Hazell vd., 2010).

5.2.2. Fizyolojik Temelleri

SIT sırasında enerji üretimine hem anaerobik hem de aerobik sistemler katkı sağlamaktadır. İlk sprintte gerekli enerjinin önemli bir bölümü fosfojen ve glikolitik sistemlerden karşılanırken tekrarlar ilerledikçe aerobik enerji sisteminin katkısı artar. Yoğun ATP kullanımı, fosfokreatin azalması, glikojen yıkımı ve metabolit birikimi kas hücresinde belirgin bir enerji stresi oluşturur. Bu süreç AMPK ve p38 MAPK gibi sinyal yollarını etkileyerek mitokondriyal biyogenezin temel düzenleyicilerinden PGC-1 α 'nın aktivasyonunu destekleyebilir (MacInnis ve Gibala, 2017).

SIT'nin kısa toplam çalışma süresine rağmen oksidatif uyum oluşturabilmesi, meydana getirdiği yüksek metabolik stresle ilişkilidir. Burgomaster vd.. (2006),

altı seanslık SIT sonrasında iskelet kasının oksidatif kapasitesinde ve dayanıklılık performansında gelişme meydana geldiğini göstermiştir. Bu bulgu, dayanıklılık uyumlarının yalnızca uzun süreli ve orta şiddetli antrenmanlarla elde edilmediğini göstermektedir. Bununla birlikte, mitokondriyal uyumun büyüklüğü sprint sayısı, toplam çalışma süresi, antrenman sıklığı ve sporcunun başlangıç düzeyine göre değişebilir.

5.2.3. Aerobik ve Anaerobik Performansa Etkileri

SIT başlangıçta anaerobik performansı geliştiren bir yöntem olarak değerlendirilmesine rağmen MaxVO₂ ve aerobik kapasite üzerinde de etkili olabilmektedir. Sistematik derleme ve meta-analizlerde, birkaç hafta süren SIT uygulamalarının sağlıklı ve fiziksel olarak aktif bireylerde MaxVO₂'yi artırdığı bildirilmiştir. Aerobik kapasitedeki gelişim; kalbin atım hacmindeki değişimler, kasın oksijen kullanma kapasitesinin artması ve mitokondriyal enzim aktivitesindeki yükselme ile açıklanmaktadır (Gist vd., 2014; Sloth vd., 2013).

Tekrarlı maksimal sprintler, yüksek eşikli motor birimlerin devreye girmesini ve tip II kas liflerinin yoğun biçimde kullanılmasını gerektirir. Bu nedenle SIT; maksimal ve ortalama güç üretimi, tekrarlı sprint yeteneği ve yüksek şiddetli egzersizi sürdürme kapasitesi üzerinde gelişim sağlayabilir. Ancak etkilerin büyüklüğü uygulanan hareket biçimi ile performans testi arasındaki özgülüğe bağlıdır. Bisiklet ergometresinde uygulanan SIT'nin bisiklet performansına aktarımı yüksek olabilirken koşu veya yön değiştirme performansına aktarımı daha sınırlı kalabilir (Sökmen vd., 2018).

5.2.4. Zaman Verimliliği

SIT'nin öne çıkan özelliklerinden biri, aktif çalışma süresinin düşük olmasıdır. Örneğin klasik protokolde 4 × 30 saniyelik sprint yalnızca iki dakikalık maksimal çalışma içerir. Gibala vd.. (2006), düşük hacimli SIT ile geleneksel dayanıklılık antrenmanının kasın oksidatif kapasitesi ve kısa süreli dayanıklılık performansında benzer uyumlar oluşturabileceğini göstermiştir. Ancak ısınma, toparlanma aralıkları ve soğuma süresi eklendiğinde toplam seans süresi yalnızca aktif sprint süresi üzerinden değerlendirilmemelidir.

Daha kısa protokoller geliştirmek amacıyla 10–20 saniyelik sprintlerden oluşan uygulamalar da incelenmiştir. Düşük tekrar sayısına dayanan bu modeller, klasik Wingate protokolüne göre daha az toplam efor ve yorgunluk oluşturabilir. Bununla birlikte, sprint hacminin sürekli azaltılması bütün performans değişkenlerinde aynı uyumu sağlamayabilir. Özellikle antrenmanlı sporcularda

gelişim oluşturmak için daha yüksek toplam hacim veya spor dalına özgü sprint uygulamaları gerekebilir (Metcalf vd., 2012).

5.2.5. Uygulama ve Sınırlılıklar

SIT, yüksek şiddeti nedeniyle her sporcu için doğrudan uygulanabilecek bir yöntem değildir. Antrenmansız bireylerde, yoğun müsabaka döneminde bulunan sporcularda veya kas-iskelet sistemi sorunu olan kişilerde maksimal sprintler yüksek yorgunluk ve mekanik stres oluşturabilir. Başlangıçta tekrar sayısının düşük tutulması, yeterli ısınma yapılması ve yükün kademeli artırılması önemlidir. Koşu temelli SIT’de hamstring ve diğer alt ekstremita kaslarının maruz kaldığı mekanik yük, bisiklet ergometresine göre daha yüksek olabilir.

SIT’nin haftada iki veya üç kez uygulanması çoğu durumda yeterli bir uyaran sağlayabilir. Kuvvet, teknik ve dayanıklılık antrenmanlarının birlikte uygulandığı sporcularda SIT seanslarının diğer yüksek şiddetli antrenmanlarla aynı günlere yerleştirilmesi, haftalık toparlanma günlerinin korunmasına yardımcı olabilir. Bununla birlikte, antrenman planlamasında yalnızca seans süresi değil; oluşturulan nöromüsküler yorgunluk, toparlanma gereksinimi ve sonraki antrenmanların kalitesi de dikkate alınmalıdır.

5.3. Veri Temelli Antrenman

Veri temelli antrenman, sporcunun antrenman ve müsabaka sırasında oluşturduğu yükün, bu yüke verdiği yanıtın ve zaman içerisindeki performans değişiminin düzenli olarak ölçülmesine dayanmaktadır. Amaç yalnızca veri toplamak değil, elde edilen bilgileri antrenman şiddeti, hacmi, toparlanma ve bireyselleştirme kararlarında kullanmaktır. Bu yaklaşımda antrenör deneyimi önemini korurken öznel gözlemler, tekrarlanabilir ölçümlerle desteklenir. İzlenen değişkenlerin spor dalının gereksinimleriyle ilişkili, ölçüm araçlarının ise geçerli ve güvenilir olması gerekir (Bourdon vd., 2017).

5.3.1. Dış ve İç Antrenman Yükünün İzlenmesi

Dış antrenman yükü, sporcunun gerçekleştirdiği fiziksel çalışmayı ifade etmektedir. Koşulan toplam mesafe, yüksek hızlı koşu mesafesi, sprint sayısı, ivmelenme, yavaşlama, sıçrama sayısı, kaldırılan ağırlık ve tekrar miktarı dış yük göstergeleridir. İç antrenman yükü ise organizmanın bu çalışmaya verdiği fizyolojik ve algısal yanıtı kapsar. Kalp atım hızı, kan laktatı ve algılanan zorluk derecesi iç yükün değerlendirilmesinde kullanılabilir. Dış ve iç yük arasındaki ilişki, sporcunun belirli bir çalışmaya nasıl yanıt verdiğinin anlaşılmasına yardımcı olur (Impellizzeri vd., 2019).

Aynı dış yük, bütün sporcularda aynı iç yanıtı meydana getirmez. İki futbolcu aynı mesafeyi benzer hızlarda koşsa bile kalp atım hızı ve algılanan zorluk düzeyleri farklı olabilir. Aynı sporcu da uyku, beslenme, psikolojik stres ve birikmiş yorgunluk nedeniyle farklı günlerde aynı antrenmana farklı yanıtlar verebilir. Bu nedenle dış yükün tek başına izlenmesi yeterli değildir; iç ve dış yük göstergelerinin birlikte değerlendirilmesi daha kapsamlı bilgi sağlar (Vanrenterghem vd., 2017).

5.3.2. GPS ve GNSS Sistemleri

GPS ve GNSS sistemleri, özellikle açık alanda gerçekleştirilen takım sporlarında dış yükün izlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerle toplam mesafe, farklı hız bölgelerinde kat edilen mesafe, maksimal hız, sprint sayısı, ivmelenme ve yavaşlama gibi değişkenler kaydedilebilir. Elde edilen veriler antrenman ile müsabaka gereksinimlerinin karşılaştırılmasına ve sporcuların pozisyonlarına göre maruz kaldıkları yüklerin belirlenmesine yardımcı olur (Akenhead ve Nassis, 2016).

GPS/GNSS verilerinin yorumlanmasında cihazın örnekleme frekansı, uydu bağlantısı, ölçüm algoritması ve hareketin niteliği dikkate alınmalıdır. Toplam mesafe ölçümleri genellikle daha güvenilirken kısa süreli yüksek hızlı hareketler, ani yön değişiklikleri ve çok kısa sprintler daha yüksek ölçüm hatasına sahip olabilir. Farklı cihazların aynı değişken için farklı sonuçlar üretmesi mümkündür. Bu nedenle uzun dönemli takipte mümkün olduğunca aynı cihaz ve analiz yöntemi kullanılmalıdır (Malone vd., 2017).

5.4. Kalp Atım Hızı Değişkenliği ve Hazır Oluş

Kalp atım hızı değişkenliği (HRV), ardışık kalp atımları arasındaki zaman farklılığını gösterir ve otonom sinir sistemi hakkında dolaylı bilgi sağlar. Dinlenik HRV'nin düzenli ölçülmesi, sporcunun antrenman ve toparlanma sürecindeki değişimlerinin izlenmesine katkıda bulunabilir. Ancak tek bir günlük HRV değerindeki azalma doğrudan yetersiz toparlanma olarak yorumlanmamalıdır. Ölçüm zamanı, vücut pozisyonu, solunum, uyku, sıvı durumu ve psikolojik stres HRV değerlerini etkileyebilir. Günlük değerler yerine birkaç günü kapsayan eğilimlerin değerlendirilmesi daha uygundur (Plews vd., 2013).

Hazır oluşluk değerlendirmesinde HRV'nin yanı sıra uyku kalitesi, kas ağrısı, yorgunluk, stres ve ruh hâli gibi öznel göstergelerden de yararlanılmaktadır. Bu ölçümler düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir olmalarına rağmen sporcuların düzenli ve dürüst yanıt vermesine bağlıdır. Öznel değerlendirmeler antrenman

kaynaklı değişimlere duyarlı olabilir, ancak tek başına tanısıl bir araç olarak kullanılmamalıdır. Farklı ölçümlerin birlikte değerlendirilmesi daha dengeli bir yorum sağlar (Saw vd., 2016).

5.5. Algılanan Zorluk ve Antrenman Yüğü

Algılanan zorluk derecesi, sporcunun bir antrenmanı ne kadar zorlayıcı bulunduğunu gösteren pratik bir iç yük ölçümüdür. Seans RPE yönteminde sporcunun bildirdiğı zorluk düzeyi, antrenman süresiyle çarpılarak seans yüğü hesaplanır:

$$\text{Seans yüğü (keyfi birim)} = \text{Antrenman süresi (dakika)} \times \text{RPE}$$

Örneğin 60 dakika süren ve RPE değeri 7 olarak bildirilen bir antrenmanın seans yüğü 420 keyfi birimdir. Bu yöntem farklı antrenman türlerinde kullanılabilir ve pahalı ekipman gerektirmez. Ancak RPE'nin seansın genel etkisini yansıtacak standart bir zaman aralığında alınması önemlidir (Foster vd., 2001).

5.6. Akut:Kronik İş Yüğü Oranı

Akut:kronik iş yüğü oranı (ACWR), kısa süreli antrenman yükünün daha uzun dönemde biriktirilen yükle karşılaştırılması amacıyla geliştirilmiştir. Geleneksel uygulamada son bir haftalık yük akut, önceki üç veya dört haftalık ortalama yük kronik yük olarak kabul edilir. Oranın belirgin biçimde yükselmesi, sporcunun yakın dönemde alışıık olduğundan daha fazla yükle karşılaştığını gösterebilir. Bu yaklaşım yük değişimlerinin görselleştirilmesine yardımcı olmakla birlikte sakatlığı doğrudan tahmin eden kesin bir eşik olarak değerlendirilmemelidir (Windt ve Gabbett, 2017).

ACWR'nin hesaplanması ve yorumlanmasına ilişkin önemli yöntemsel eleştiriler bulunmaktadır. Akut yükün aynı zamanda kronik yük hesabının içinde yer alması matematiksel ilişki oluşturabilir. Sabit haftalık ortalamalar, eski ve yeni yüklerin sporcu üzerindeki etkisinin aynı olduğunu varsayarken yorgunluk ve uyum etkilerinin zamanla azalmasını yeterince yansıtmaz. Ayrıca yük ile sakatlık arasındaki ilişki yaş, önceki sakatlık, fiziksel kapasite, müsabaka yoğunluğu ve temas gibi birçok etkenden etkilenir. Bu nedenle belirli bir ACWR aralığının bütün sporcular için güvenli kabul edilmesi uygun değildir (Impellizzeri vd., 2020).

5.7. Makine Öğrenmesi ve Yapay Zeka

Makine öğrenmesi, çok sayıda değişken arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerin incelenmesine ve geleneksel yöntemlerle belirlenmesi zor örüntülerin ortaya çıkarılmasına imkân verebilir. GPS/GNSS verileri, kalp atım hızı, RPE, uyku,

önceki sakatlıklar ve performans testleri aynı model içerisinde değerlendirilebilir. Bu yöntemler antrenman yükünün sınıflandırılması, performans değişiminin tahmin edilmesi ve sakatlık riskiyle ilişkili örüntülerin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır (Claudino vd., 2019).

Rossi vd.. (2018), profesyonel futbolculardan elde edilen GPS verilerini kullanarak sakatlık riskinin makine öğrenmesiyle modellenebileceğini göstermiştir. Bununla birlikte, bir veri grubunda yüksek tahmin doğruluğu gösteren modelin farklı takım, sezon veya sporcu gruplarında aynı başarıyı göstermesi beklenmemelidir. Sporcu sayısının az, sakatlık olaylarının ise görece seyrek olması modelin öğrenmesini güçleştirebilir. Modellerin farklı örneklemelerde test edilmesi ve yalnızca aynı veri setindeki başarılarına göre değerlendirilmemesi gerekir.

Makine öğrenmesi modellerinin saha kullanımındaki diğer bir sorun, bazı modellerin hangi değişkenlere dayanarak sonuç ürettiğinin yeterince açıklanamamasıdır. Antrenörün veya sağlık ekibinin nedenini anlayamadığı bir risk puanını doğrudan antrenman kararına dönüştürmesi güçtür. Yüksek riskli sınıflandırma sporcunun kesinlikle sakatlanacağı, düşük riskli sınıflandırma ise sakatlanmayacağı anlamına gelmez. Makine öğrenmesi yararlı bir karar destek aracı olabilir; ancak sakatlığı kesin olarak tahmin eden bağımsız bir sistem değildir (Majumdar vd., 2022).

Veri temelli yaklaşımın başarısı toplanan veri miktarından çok, verilerin niteliğine ve antrenman kararlarıyla ilişkilendirilmesine bağlıdır. Çok sayıda değişkeni sürekli takip etmek, karar vermeyi kolaylaştırmak yerine gereksiz bir veri yoğunluğu oluşturabilir. İzleme sisteminde sporcunun performansını ve toparlanmasını açıklayan sınırlı sayıda geçerli göstergeye öncelik verilmelidir. Veriler antrenörün saha gözlemleri ve sporcunun geri bildirimiyle birlikte değerlendirildiğinde daha anlamlı katkı sağlar (West vd., 2021).

Güncel antrenman yaklaşımlarının ortak özelliği, antrenman uyaranının daha doğru belirlenmesi ve sporcunun verdiği yanıtı göre düzenlenmesidir. Ancak kullanılan yöntemin yeni veya teknolojik olması, tek başına etkili olduğu anlamına gelmez. Antrenman yönteminin spor dalının gereksinimleri, sporcunun performans düzeyi, antrenman dönemi ve hedeflenen uyumla örtüşmesi gerekir. Aynı protokolün farklı sporcularda aynı sonucu oluşturmaması, antrenman planlamasında bireyselleştirmenin önemini artırmaktadır (Ross vd., 2019).

VBT, direnç antrenmanında hareket hızının ölçülmesi yoluyla yüklenme şiddeti ve set içi yorgunluk hakkında nesnel bilgi sağlamaktadır. Bununla birlikte, yöntemin etkinliği doğru hız değişkeninin seçilmesine, kullanılan cihazın

güvenilirliğine ve tekrarların maksimal istemli hızla yapılmasına bağlıdır. Hız kaybı eşikleri de bütün sporcular için sabit biçimde kullanılmamalı; kuvvet, güç veya hipertrofi hedeflerine göre belirlenmelidir (Weakley vd., 2021a).

SIT, düşük aktif çalışma süresi içerisinde hem aerobik hem de anaerobik sistemleri uyaran bir yöntemdir. Yüksek metabolik stres, mitokondriyal uyumların ve MaxVO₂ gelişiminin ortaya çıkmasını destekleyebilir. Ancak zaman açısından verimli olması, toparlanma gereksiniminin düşük olduğu anlamına gelmez. Sprint süresi, tekrar sayısı ve toparlanma aralıkları sporcunun antrenman düzeyine göre ayarlanmalıdır (Vollaard ve Metcalfe, 2017).

Veri temelli antrenman, performans ve toparlanma sürecinin düzenli ölçümlerle izlenmesini sağlar. Bununla birlikte, veri miktarındaki artış her zaman karar kalitesini artırmaz. İzlenecek göstergelerin güvenilir, uygulanabilir ve antrenman kararlarını değiştirebilecek nitelikte olması gerekir. Uzun dönemli eğilimler, tek bir ölçümde ortaya çıkan günlük değişimlerden daha anlamlı bilgiler sunabilir (West vd., 2021).

Yapay zekâ ve makine öğrenmesi, farklı veri kaynaklarının birlikte değerlendirilmesi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Buna rağmen mevcut modellerin önemli bir bölümü sınırlı sayıda sporcuya, tek bir takıma veya kısa süreli verilere dayanmaktadır. Bu sistemler antrenman veya sakatlık kararlarını bağımsız biçimde veren araçlar olarak değil, antrenör ve sağlık ekibinin değerlendirmelerini destekleyen sistemler olarak kullanılmalıdır (Majumdar vd., 2022).

Antrenman sürecinde bilimsel kanıt, teknolojik ölçüm ve antrenör deneyimi birbirinin alternatifi değildir. Etkili uygulama, bu üç unsurun birlikte değerlendirilmesini gerektirir. Ölçüm sonuçları sporcunun teknik performansı, öznel geri bildirimi, müsabaka programı ve antrenman geçmişinden bağımsız yorumlanmamalıdır. Güncel antrenman biliminin temel yönelimi, daha fazla antrenman yaptırmaktan çok, hedeflenen uyumu sağlayacak yükü uygun zamanda ve bireysel gereksinimlere göre uygulamaktır.

Kaynakça

- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: Current practice and perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 587–593. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0331>
- Atkinson, G., & Batterham, A. M. (2015). True and false interindividual differences in the physiological response to an intervention. *Experimental Physiology*, 100(6), 577–588. <https://doi.org/10.1113/EP085070>
- Banyard, H. G., Tufano, J. J., Delgado, J., Thompson, S. W., & Nosaka, K. (2019). Comparison of the effects of velocity-based training methods and traditional 1RM-percent-based training prescription on acute kinetic and kinematic variables. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 246–255. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0147>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl. 2), S2-161–S2-170. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0208>
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313–338. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>
- Burgomaster, K. A., Heigenhauser, G. J. F., & Gibala, M. J. (2006). Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. *Journal of Applied Physiology*, 100(6), 2041–2047. <https://doi.org/10.1152/jap.01220.2005>
- Claudino, J. G., Capanema, D. O., de Souza, T. V., Serrão, J. C., Machado Pereira, A. C., & Nassis, G. P. (2019). Current approaches to the use of artificial intelligence for injury risk assessment and performance prediction in team sports: A systematic review. *Sports Medicine–Open*, 5, Article 28. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0202-3>
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109–115.

- García-Ramos, A., & Jaric, S. (2018). Two-point method: A quick and fatigue-free procedure for assessment of muscle mechanical capacities and the one-repetition maximum. *Strength and Conditioning Journal*, 40(2), 54–66. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000359>
- Gibala, M. J., Little, J. P., van Essen, M., Wilkin, G. P., Burgomaster, K. A., Safdar, A., Raha, S., & Tarnopolsky, M. A. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: Similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *The Journal of Physiology*, 575(3), 901–911. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.112094>
- Gist, N. H., Fedewa, M. V., Dishman, R. K., & Cureton, K. J. (2014). Sprint interval training effects on aerobic capacity: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 44(2), 269–279. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0115-0>
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Pareja-Blanco, F. (2014). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, 14(8), 772–781. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.905987>
- Guppy, S. N., & Kendall, K. L. (2024). Velocity-based training—A critical review. *Strength and Conditioning Journal*, 46(3), 295–307. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000806>
- Halperin, I., Vigotsky, A. D., Foster, C., & Pyne, D. B. (2018). Strengthening the practice of exercise and sport-science research. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 127–134. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0322>
- Hazell, T. J., MacPherson, R. E. K., Gravelle, B. M. R., & Lemon, P. W. R. (2010). 10 or 30-s sprint interval training bouts enhance both aerobic and anaerobic performance. *European Journal of Applied Physiology*, 110(1), 153–160. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1474-y>
- Hickmott, L. M., Chilibeck, P. D., Shaw, K. A., Butcher, S. J., & Davison, C. M. (2022). The effect of load and volume autoregulation on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Sports*

Medicine–Open, 8, Article 9. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00404-9>

- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270–273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>
- Impellizzeri, F. M., Tenan, M. S., Kempton, T., Novak, A., & Coutts, A. J. (2020). Acute: Chronic workload ratio: Conceptual issues and fundamental pitfalls. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(6), 907–913. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0864>
- Kiely, J. (2018). Periodization theory: Confronting an inconvenient truth. *Sports Medicine*, 48(4), 753–764. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0823-y>
- MacInnis, M. J., & Gibala, M. J. (2017). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2915–2930. <https://doi.org/10.1113/JP273196>
- Majumdar, A., Bakirov, R., Hodges, D., Scott, S., & Rees, T. (2022). Machine learning for understanding and predicting injuries in football. *Sports Medicine–Open*, 8, Article 73. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00465-4>
- Malone, J. J., Lovell, R., Varley, M. C., & Coutts, A. J. (2017). Unpacking the black box: Applications and considerations for using GPS devices in sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl. 2), S2-18–S2-26. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0236>
- Metcalfe, R. S., Babraj, J. A., Fawcner, S. G., & Vollaard, N. B. J. (2012). Towards the minimal amount of exercise for improving metabolic health: Beneficial effects of reduced-exertion high-intensity interval training. *European Journal of Applied Physiology*, 112(7), 2767–2775. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2254-z>
- Orange, S. T., Metcalfe, J. W., Robinson, A., Applegarth, M. J., Apps, C., & Liefeth, A. (2020). Effects of in-season velocity- versus percentage-based training in academy rugby league players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(4), 554–561. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0058>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. A. L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects

- of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(7), 724–735. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*, 43(9), 773–781. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8>
- Ross, R., Goodpaster, B. H., Koch, L. G., Sarzynski, M. A., Kohrt, W. M., Johannsen, N. M., Skinner, J. S., Castro, A., Irving, B. A., Noland, R. C., Sparks, L. M., Spielmann, G., Day, A. G., Pitsch, W., Hopkins, W. G., & Bouchard, C. (2019). Precision exercise medicine: Understanding exercise response variability. *British Journal of Sports Medicine*, 53(18), 1141–1153. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100328>
- Rossi, A., Pappalardo, L., Cintia, P., Iaia, F. M., Fernández, J., & Medina, D. (2018). Effective injury forecasting in soccer with GPS training data and machine learning. *PLOS ONE*, 13(7), e0201264. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201264>
- Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(9), 1725–1734. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>
- Saw, A. E., Main, L. C., & Gustin, P. B. (2016). Monitoring the athlete training response: Subjective self-reported measures trump commonly used objective measures—A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 281–291. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094758>
- Sloth, M., Sloth, D., Overgaard, K., & Dalgas, U. (2013). Effects of sprint interval training on $\text{VO}_{2\text{max}}$ and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(6), e341–e352. <https://doi.org/10.1111/sms.12092>
- Sökmen, B., Withey, R. L., Adams, G. M., & Beam, W. C. (2018). Effects of sprint interval training with active recovery versus endurance training on aerobic and anaerobic power, muscular strength, and sprint ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(3), 624–631. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002215>
- Vanrenterghem, J., Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., & Drust, B. (2017). Training load monitoring in team sports: A novel framework separating

- physiological and biomechanical load-adaptation pathways. *Sports Medicine*, 47(11), 2135–2142. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0714-2>
- Vollaard, N. B. J., & Metcalfe, R. S. (2017). Research into the health benefits of sprint interval training should focus on protocols with fewer and shorter sprints. *Sports Medicine*, 47(12), 2443–2451. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0727-x>
- Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T., & García-Ramos, A. (2021a). Velocity-based training: From theory to application. *Strength and Conditioning Journal*, 43(2), 31–49. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000560>
- Weakley, J., Morrison, M., García-Ramos, A., Johnston, R., James, L., & Cole, M. H. (2021b). The validity and reliability of commercially available resistance training monitoring devices: A systematic review. *Sports Medicine*, 51(3), 443–502. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01382-w>
- West, S. W., Clubb, J., Torres-Ronda, L., Howells, D., Leng, E., Vescovi, J. D., Carmody, S., Posthumus, M., Dalen-Loretsen, T., & Windt, J. (2021). More than a metric: How training load is used in elite sport for athlete management. *International Journal of Sports Medicine*, 42(4), 300–306. <https://doi.org/10.1055/a-1268-8791>
- Windt, J., & Gabbett, T. J. (2017). How do training and competition workloads relate to injury? The workload–injury aetiology model. *British Journal of Sports Medicine*, 51(5), 428–435. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096040>

ALTINCI BÖLÜM

KOORDİNASYON VE DENGE

Arş. Gör. Ünal Can GÖKMEN

6.1. Motor Kontrol, Postüral Stabilite ve Antrenman Uygulamaları

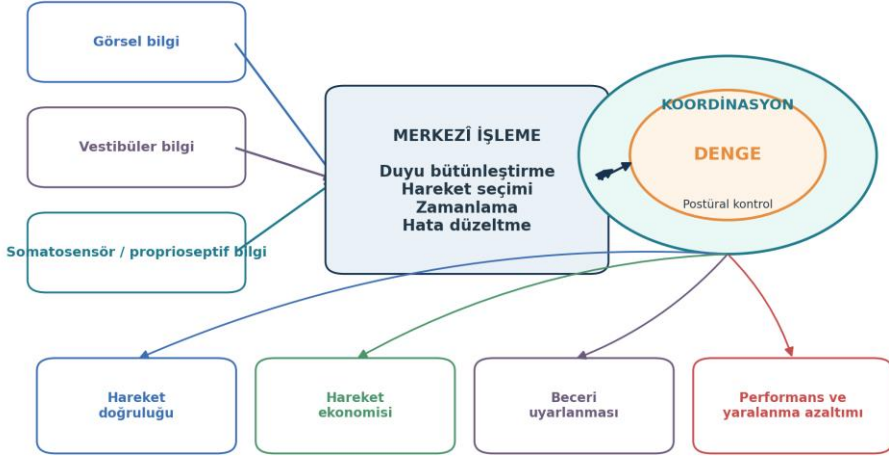
Koordinasyon ve denge, sportif hareketin doğru zamanda, uygun kuvvet düzeyinde ve değişen çevre koşullarına uyum sağlayacak biçimde gerçekleştirilebilmesini mümkün kılan temel nöromotor özelliklerdir. Bir pasın hedefe ulaştırılması, tek ayak üzerinde inişin kontrol edilmesi, rakip baskısı altında yön değiştirilmesi veya temas sonrasında postürün yeniden kazanılması; duyuusal bilgilerin algılanması, merkezi sinir sisteminde bütünleştirilmesi ve kas-iskelet sistemine uygun motor komutların iletilmesiyle gerçekleşir. Bu nedenle koordinasyon ve denge yalnızca “yardımcı” özellikler değil, teknik becerinin üretildiği ve korunduğu işlevsel zemindir (Horak, 2006; Peterka, 2002).

Denge çoğu zaman tek ve genel bir yetenek gibi değerlendirilse de güncel kanıtlar, denge kazanımlarının büyük ölçüde çalışılan göreve özgü olduğunu göstermektedir. Tek ayak duruşunda gelişme sağlanması, aynı ölçüde iniş stabilizasyonuna, beklenmeyen bir temasa veya farklı bir araç üzerindeki denge görevine aktarılmayabilir. Bu durum, antrenman ve testlerin hedef sporun duruşu, hareket yönü, hız, pertürbasyon ve karar verme gereksinimleriyle uyumlu tasarlanmasını zorunlu kılar (Bakker vd., 2024; Kümmel vd., 2016).

Bu bölümde koordinasyon ve dengenin kavramsal, nörofizyolojik ve biyomekanik temelleri açıklanmakta; saha ve laboratuvar değerlendirmeleri ele alınmakta; antrenman ilkeleri, ilerleme basamakları, dozlama, periyodizasyon ve spora özgü uygulama örnekleri sunulmaktadır. Amaç, “daha zor görünen” rastgele egzersizler üretmekten çok, ölçülebilir hedeflere dayanan, güvenli ve kanıta dayalı bir koordinasyon-denge programının nasıl kurulacağını göstermektir.

Koordinasyon ve Dengenin Antrenman Bilimlerindeki Yeri

Algılama, karar verme ve hareket düzenleme süreçleri tek bir performans sistemi içinde bütünlüştür



Denge, koordinasyonun ayrı bir "parçası" olmanın yanında birçok sportif becerinin gerçekleşme koşuludur.

Şekil 12. Koordinasyon ve dengenin sportif performans sistemi içindeki kavramsal konumu

Yazar tarafından Horak (2006), Peterka (2002) ve Paillard (2017) temel alınarak hazırlanmıştır.

6.2. Koordinasyon ve Dengenin Kavramsal Temelleri

6.2.1. Koordinasyonun Tanımı ve Kapsamı

Koordinasyon, çok sayıdaki kas, eklem ve vücut segmentinin bir hareket amacına hizmet edecek biçimde zaman, sıra, yön ve kuvvet açısından düzenlenmesidir. Bu düzenleme yalnızca "hareketleri uyumlu yapmak" anlamına gelmez; sporcunun çevresel bilgiyi seçmesi, doğru tepkiyi planlaması, hareketi başlatması ve oluşan hatayı düzeltmesi de koordinasyonun kapsamındadır. Dolayısıyla koordinasyon, algısal süreçlerle motor çıktının birleştiği dinamik bir organizasyondur.

Koordinasyonun yüksek olması, hareketin gereksiz kasılmalar ve fazla enerji harcaması olmadan gerçekleştirilmesine katkı sağlar. Bununla birlikte teknik beceri, koordinasyon ve fiziksel kapasite aynı kavram değildir. Örneğin yüksek alt ekstremite kuvveti sıçrama potansiyelini artırabilir; ancak yaklaşma ritmi, kol-bacak bağlantısı, havada yönelim ve iniş zamanlaması yeterli değilse bu potansiyel teknik performansa tam olarak yansımaz. Benzer biçimde denge ve kuvvet arasındaki ilişkiler çoğunlukla düşük düzeydedir; bu nedenle iki özellik ayrı fakat tamamlayıcı biçimde değerlendirilip geliştirilmelidir (Muehlbauer vd., 2015).

6.2.2. Denge, Postüral Yönelim ve Postüral Kararlılık

Denge, vücudun kütle merkezini destek yüzeyiyle ilişkili olarak kontrol etme ve bir bozulma sonrasında kararlılığı yeniden kazanma kapasitesidir. Postüral yönelim; baş, gövde ve ekstremitelerin yerçekimine, destek yüzeyine, görsel çevreye ve hedef göreve göre hizalanmasını ifade eder. Postüral kararlılık ise bu hizalanmanın izin verilen sınırlar içinde korunması veya kaybedildiğinde yeniden kurulmasıdır (Horak, 2006).

Bu tanım, dengenin yalnızca hareketsiz durmak olmadığını gösterir. Spor ortamında denge; hızlanma, yavaşlama, sıçrama, iniş, dönme, temas, araç kullanma ve hedefe yönelme gibi görevler sırasında sürekli yeniden düzenlenir. Dengenin koordinasyonla ilişkisi bu noktada ortaya çıkar: Denge, birçok koordinatif görevde hareketin gerçekleşme koşulu iken, dengeyi korumak için gerekli kas sinerjilerinin düzenlenmesi de koordinatif bir süreçtir.

Tablo 14. Temel kavramların antrenman bilimindeki karşılıkları

Kavram	İşlevsel tanım	Sahadaki görünüm	Sık yapılan yanlış yorum
Koordinasyon	Duyusal bilgi ile kas-eklem eylemlerinin amaç doğrultusunda zamanlanması ve düzenlenmesi	Topa yönelme, doğru ritimde hızlanma, kol-bacak bağlantısı	Sadece merdiven veya koni egzersizi yapmak
Denge	Kütle merkezini destek yüzeyiyle ilişkili olarak kontrol etme ve kararlılığı geri kazanma	Tek ayak iniş, temas sonrası postürü koruma	Sadece sabit tek ayak duruşu
Propriosepsiyon	Vücut segmentlerinin konum, hareket, kuvvet ve eforuna ilişkin duyusal bilgi	Ayağın zemine göre konumunu algılama, eklem açısını ayarlama	Denge ile eş anlamlı kabul etme
Motor yeterlik	Farklı hareket görevlerini etkili ve yetkin biçimde gerçekleştirebilme	Koşma, sıçrama, fırlatma, yakalama ve spora özgü beceriler	Tek bir test puanına indirgeme
Çeviklik	Bir uyarana tepki vererek hız ve yönü etkili biçimde değiştirme	Rakibin hareketine göre yön değiştirme	Önceden belirlenmiş yön değiştirme testiyle tamamen ölçüldüğünü varsayma

Not. Kavramlar birbiriyle ilişkili olsa da aynı yapıyı ölçmez. Değerlendirme ve antrenman hedefleri açık biçimde ayrılmalıdır.

6.3. Motor Kontrolün Nörofizyolojik Temelleri

6.3.1. Duyusal Bilgi Kaynakları

Postüral kontrolün temel girdileri görsel, vestibüler ve somatosensör sistemlerden gelir. Görsel sistem vücudun çevreye, hedeflere ve optik akışa göre konumunu bildirir. Vestibüler sistem başın açısal ve doğrusal ivmesini, yerçekimiyle ilişkisini ve baş hareketlerini algılar. Somatosensör sistem ise deri, kas, tendon ve eklem kaynaklı bilgiler aracılığıyla destek yüzeyi, eklem açısı, kas uzunluğu, gerim ve kuvvet hakkında bilgi sağlar (Peterka, 2002; Proske ve Gandevia, 2012).

Propriosepsiyon, tek bir reseptörün çıktısı değil; kas içcikleri, Golgi tendon organları, eklem ve deri reseptörlerinden gelen bilgilerin merkezi sinir sisteminde birleştirilmesiyle oluşan çok kaynaklı bir duyudur. Bu nedenle “proprioseptif antrenman” olarak adlandırılan çalışmaların etkisi yalnızca eklem konum hissiyle sınırlı değildir; görsel-vestibüler bütünleştirme, refleks yanıt, kas eşaktivasyonu ve motor planlama da değişebilir.

6.3.2. Duyusal Yeniden Ağırlıklandırma

Duyusal kaynakların güvenilirliği her koşulda aynı değildir. Yumuşak veya hareketli zeminde ayak bileği kaynaklı somatosensör bilgi daha az güvenilir hâle gelebilir; karanlıkta görsel bilgi ortadan kalkar; hızlı baş hareketlerinde vestibüler sistemin önemi artar. Sinir sistemi, bağlama göre bu kaynakların görsel katkısını yeniden ağırlıklandırır. Peterka (2002), sağlıklı bireylerin görsel ve destek yüzeyi koşulları değiştiğinde duysal ağırlıkları uyarlayabildiğini göstermiştir. Antrenmanda gözleri kapatmak veya zemini dengesizleştirmek, bu mekanizmayı zorlayabilir; ancak hedef sporun gerçek duysal koşullarıyla ilişkisi kurulmadan kullanıldığında aktarım sınırlı kalabilir.

6.3.3. Merkezî İşleme, Kas Sinerjileri ve Hata Düzeltme

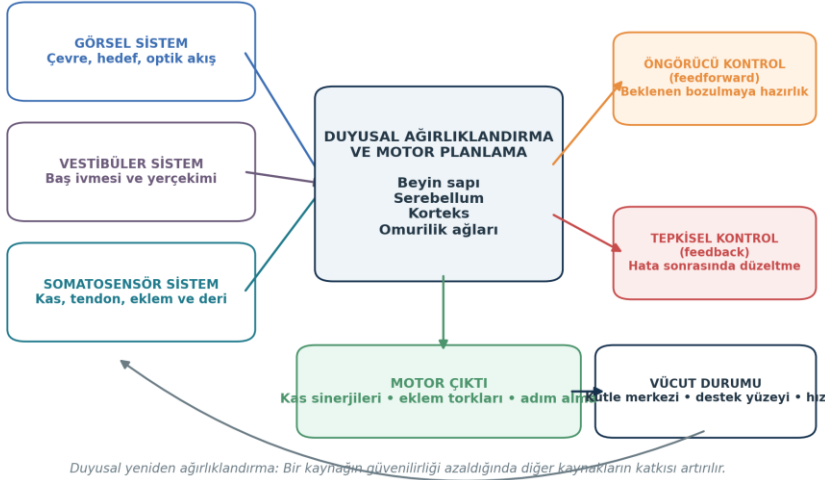
Beyin sapı ve omurilik hızlı postüral yanıtların düzenlenmesinde; serebellum zamanlama, hata karşılaştırması ve beceri uyarlamasında; kortikal ağlar ise hedef seçimi, dikkat, öngörü ve yeni görevlerin öğrenilmesinde rol oynar. Motor çıktı, tek tek kasların bağımsız çalışmasından çok, göreve uygun kas sinerjilerinin etkinleştirilmesiyle üretilir. Aynı dış bozulmaya karşı sporcunun ayak bileği çevresinde küçük düzeltmeler yapması, kalçadan hızlı karşı hareket üretmesi veya adım alması; bozulmanın büyüklüğü, hız, destek yüzeyi ve deneyime göre değişir.

Öngörücü postüral ayarlamalar, istemli bir hareketin dengeyi bozacağı öngörülerek ana hareketten önce oluşturulur. Bir voleybolcunun smaç sıçraması öncesinde gövdeyi ve alt ekstremitayı hazırlaması buna örnektir. Reaktif postüral

yanıtlar ise beklenmeyen bir temas, kayma veya yüzey hareketinden sonra oluşur. Sporda yüksek performans, bu iki kontrol biçiminin birlikte ve hızlı biçimde kullanılmasına dayanır.

Postüral Kontrolde Duyusal Bütünleştirme ve Geri Bildirim Döngüsü

Sinir sistemi, bağlama göre duyuşsal kaynakların görelî ağırlığını sürekli yeniden düzenler



Şekil 13. Postüral kontrolde duyuşsal bütünleştirme, öngörücü ve reaktif yanıt döngüsü

Yazar tarafından Peterka (2002), Proske ve Gandevia (2012) ile Horak (2006) temel alınarak hazırlanmıştır.

6.4. Denge Becerisinin Öğrenilmesi ve Nöroplastisite

Denge görevleri motor beceri olarak öğrenilebilir. Sistematik derlemeler, çalışılan denge görevinde kısa sürede belirgin gelişmeler oluşabildiğini, ancak bu gelişmenin eğitilmeyen görevlere aktarımının genellikle daha küçük olduğunu göstermektedir. Bakker vd.. (2024), genç ve ileri yaştaki bireylerde denge öğreniminin hızlı gerçekleştiğini ve davranışsal gelişmelerin özellikle çalışılan göreve özgü olduğunu bildirmiştir. Bu bulgu, “genel dengeyi geliştirme” hedefinden çok, hedef görev kümelerini geliştirme yaklaşımını destekler.

Motor öğrenme açısından ilk seanslarda görülen hızlı ilerleme, görevin anlaşılması, hata azaltma stratejileri ve sinirsel organizasyondaki erken değişimlerle ilişkilidir. İlerleyen haftalarda kalıcı öğrenme için tekrar, uygun zorluk, geribildirim ve görev çeşitliliği gerekir. Bununla birlikte çeşitlilik, hedef hareketin temel koordinatif yapısını ortadan kaldırmamalıdır; aksi hâlde sporcu

birçok farklı egzersiz yapmasına rağmen hedef beceride yeterli ilerleme göstermeyebilir.

6.4.1. Dengenin Biyomekanik Temelleri

6.4.1.1. Kütle Merkezi, Destek Yüzeyi ve Basınç Merkezi

Kütle merkezi (center of mass, CoM), vücut kütlelerinin tek bir noktada toplandığı varsayılan temsili noktadır. Destek yüzeyi (base of support, BoS), vücudun zeminle temas eden noktalarının çevrelediği alandır. Statik koşullarda kütle merkezinin düşey izdüşümü destek yüzeyi içinde kaldığında kararlılık olasılığı artar. Destek yüzeyinin genişlemesi, kütle merkezinin alçalması ve sürtünmenin yeterli olması kararlılık sınırlarını genişletir.

Basınç merkezi (center of pressure, CoP), zeminin vücuda uyguladığı bileşke tepki kuvvetinin yüzeydeki uygulama noktasıdır. CoP, CoM ile aynı yapı değildir. Sessiz duruş sırasında CoP, kütle merkezinin küçük salınımlarını kontrol etmek için sürekli hareket eder. Kuvvet platformları bu hareketi ölçerek yol uzunluğu, ortalama hız, salınım alanı ve yönsel değişkenler üretir. CoP ortalama hızı, farklı koşullardaki postüral kararlılığı ayırt etmede duyarlı ölçütlerden biridir (Prieto vd., 1996).

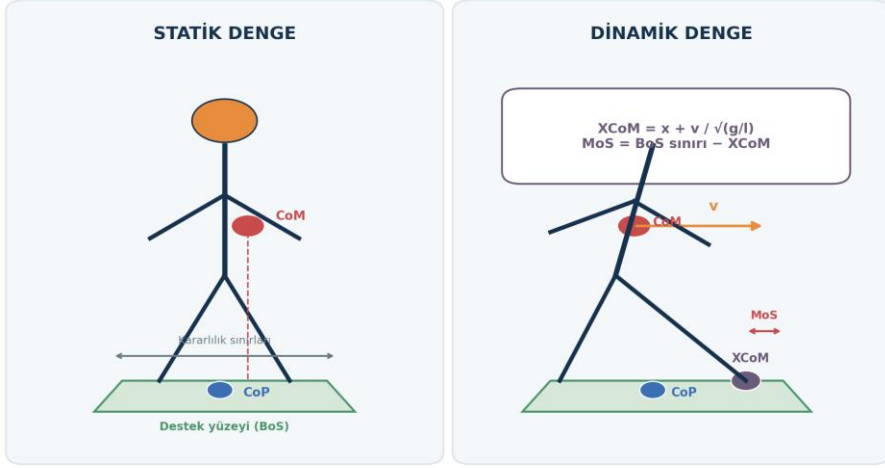
6.4.1.2. Kararlılık Sınırları ve Dinamik Kararlılık

Kararlılık sınırı, destek yüzeyi değiştirilmeden kütle merkezinin güvenli biçimde hareket ettirilebildiği alanı ifade eder. Sporcu bu sınıra yaklaştığında ayak bileği ve kalça stratejileri yeterli olmazsa adım almak, yeni bir temas noktası oluşturmak veya tutunmak zorundadır. Statik açıklama, hareketin hızını dikkate almadığı için koşu, yön değiştirme ve iniş gibi görevlerde yetersizdir.

Dinamik kararlılık yaklaşımında kütle merkezinin konumu yanında hızı da hesaba katılır. Hof vd.. (2005), genişletilmiş kütle merkezi (extrapolated center of mass, XCoM) ve kararlılık marjı (margin of stability, MoS) kavramlarını tanımlamıştır. XCoM destek sınırına yaklaştıkça veya sınırı aştıkça sporcunun adım, tutunma ya da hızlı segment hareketiyle yeni bir kontrol stratejisi üretmesi gerekir.

Dengenin Biyomekanik Bileşenleri

Statik kararlılık, kütle merkezinin destek yüzeyi içindeki konumuyla; dinamik kararlılık ise konum ve hızla birlikte değerlendirilir



CoP, ayak-zemin etkileşiminin bileşke uygulama noktasıdır; CoM ile aynı kavram değildir.

Şekil 14. Statik ve dinamik dengenin temel biyomekanik bileşenleri

Yazar tarafından Hof vd.. (2005), Horak (2006) ve Prieto vd.. (1996) temel alınarak hazırlanmıştır.

6.4.1.3. Postüral Stratejiler

Küçük ve yavaş bozulmalarda, sert ve geniş bir yüzey üzerinde ayak bileği stratejisi baskın olabilir. Daha büyük veya hızlı bozulmalarda gövde ve kalçanın ters yöndeki hareketiyle kalça stratejisi devreye girer. Kütle merkezi mevcut destek alanı içinde tutulamıyorsa adım alma, sıçrama veya tutunma stratejisi yeni bir destek yüzeyi oluşturur. Sportif ortamda bu stratejiler katı kategoriler değildir; aynı hareket içinde sıralı veya eş zamanlı biçimde kullanılabilir.

Tablo 15. Başlıca postüral stratejiler ve antrenman karşılıkları

Strateji	Ne zaman baskınlaşır?	Sportif örnek	Antrenman yaklaşımı
Ayak bileği	Küçük, yavaş bozulma; sert ve geniş zemin	Atış öncesi küçük salınımların kontrolü	Tek ayak duruş, kontrollü ağırlık aktarımı, düşük genlikli pertürbasyon
Kalça	Daha hızlı/büyük bozulma; dar veya uyumlu yüzey	Rakip teması sonrası gövdeyi toparlama	Gövde karşı hareketleri, dar destek yüzeyinde uzanma, medicine-ball pertürbasyonu
Adım alma	CoM/XCoM destek sınırını aştığında	Kayma, itilmeye yanıt, yön değiştirme sonrası kurtarma adımı	Beklenmeyen yön komutları, bant çekişi sonrası toparlama adımı
Tutunma / temas	Elde veya vücutta yeni destek noktası mümkün olduğunda	Güreşte rakibe tutunma, jimnastikte aleti yakalama	Eşli temas, güvenli tutunma ve yeniden pozisyon alma
Süspansiyon / alçalma	CoM'yi düşürerek kararlılık payı artırılmak istendiğinde	Savunma duruşu, kayakta diz-kalça fleksiyonu	Değişken yükseklikte savunma pozisyonu, kontrollü çömelme ve lateral hareket

Not. Strateji seçimi bozulmanın yönü ve hızına, destek yüzeyine, sporcunun deneyimine ve hedef göreve göre değişir.

6.4.2. Denge Türleri ve Sportif Talepler

Dengeyi durağan ve dinamik olarak ikiye ayırmak öğretim açısından yararlı olsa da sportif görevler çoğu zaman daha ayrıntılı bir sınıflandırma gerektirir. Durağan denge, sabit destek yüzeyinde postürün korunmasını; dinamik denge, vücut veya destek yüzeyi hareket ederken kararlılığın yönetilmesini ifade eder. Proaktif denge, planlanan hareketin oluşturacağı bozulmaya önceden hazırlanmayı; reaktif denge ise beklenmeyen bozulma sonrasında kararlılığı geri kazanmayı kapsar (Lesinski vd., 2015).

Bir serbest atış öncesi sabitleme, durağan dengeye; yüksek hızda yön değiştirme, dinamik dengeye; rakibe uzanırken ağırlık merkezini önceden ayarlama, proaktif dengeye; beklenmeyen omuz teması sonrasında adım alarak düşmeyi önleme ise reaktif dengeye örnektir. Antrenman programı yalnızca tek bir türü içerdiğinde, sporcunun diğer koşullardaki performansı aynı ölçüde gelişmeyebilir.

Dengenin İşlevsel Sınıflandırması

Her denge türü farklı bilgi işleme, kas sinerjisi ve test koşulu gerektirir



Bir sporcunun statik testte iyi olması, beklenmeyen temas veya yüksek hızlı yön değiştirmede aynı düzeyde başarılı olacağını garanti etmez.

Şekil 15. Dengenin durağan, dinamik, proaktif ve reaktif olarak işlevsel sınıflandırılması

Yazar tarafından Lesinski vd.. (2015), Horak (2006) ve Bakker vd.. (2024) temel alınarak hazırlanmıştır.

6.4.2.1. Görev Özgüllüğü ve Spor Uzmanlığı

Spor deneyimi postürel kontrolü geliştirir; ancak uyarlamalar çoğunlukla sporun uygulandığı duruş, duyu ortam ve hareket yönleriyle ilişkilidir. Elit sporcular bazı genel testlerde daha iyi görünse de farklar, test spora özgü veya yeterince zor olduğunda daha belirginleşmektedir (Paillard, 2017, 2019). Bu nedenle bir okçunun düşük salınlı sabit duruşu, bir jimnastikçinin dar destek yüzeyindeki kontrolü ve bir futbolcunun tek ayak üzerinde topa yönelmesi aynı “denge” özelliğinin özdeş görünimleri değildir.

Kümmel vd.. (2016), denge antrenmanının eğitilen görevlerde büyük gelişme sağlarken eğitilmeyen görevlerde küçük veya sıfıra yakın aktarım oluşturduğunu bildirmiştir. Üç aylık slackline antrenmanında da belirgin ilerleme esas olarak slackline görevinde görülmüş, diğer statik ve dinamik denge testlerine aktarım sınırlı kalmıştır (Giboin vd., 2018). Bu bulgular, değerlendirme ve antrenmanda hedef görevle işlevsel benzerliğin temel ilke olması gerektiğini gösterir.

6.5. Koordinatif Yeteneklerin Yapısı

Koordinasyon tek bir alt özellikten oluşmaz. Antrenman uygulamalarında denge, reaksiyon, ritim, yönelim, kinestetik ayırma, hareketleri bağlama ve

değişen koşullara uyarlama gibi bileşenler kullanılır. Bu sınıflandırma evrensel ve değişmez bir biyolojik taksonomi değil; hareket görevlerini analiz etmeyi ve egzersiz seçimini kolaylaştıran pedagojik bir çerçevedir.



Şekil 16. Koordinatif yeteneklerin bütünleşik yapısı

Yazar tarafından Robinson vd.. (2015), Utesch vd.. (2019) ve Paillard (2017) temel alınarak hazırlanmıştır.

Tablo 16. Koordinatif yetenekler, sportif gereksinimler ve örnek antrenmanlar

Bileşen	Temel gereksinim	Sportif örnek	Örnek antrenman
Reaksiyon	İlgili uyarıyı seçip uygun tepkiyi hızla başlatma	Kalecinin şut yönüne yanıtı	Renk/ses/yön komutuna göre çıkış, rastgele top düşürme
Ritim	Hareket dizisinin zamansal yapısını üretme ve değiştirme	Koşu adım ritmi, kürek çekiş frekansı	Metronomla adım, değişen tempoda sekme ve pas
Yönelim	Vücut ve nesnelerin uzaydaki konumunu belirleme	Havada dönüş, top-rakip-kale konumunu izleme	360° dönüş sonrası hedef bulma, çevresel görmeyle yön seçme
Kinestetik ayırma	Kuvvet, mesafe, hız ve eklem açısını ince ayarlama	Farklı mesafeye pas veya servis	Değişen hedefe farklı kuvvette atış, düşük hata toleranslı temas
Hareketleri bağlama	Segment hareketlerini akıcı bir bütünde birleştirme	Yaklaşma-sıçrama-vuruş-iniş dizisi	Parçadan bütüne teknik seri, kol-bacak zamanlama görevi
Uyarılma / yeniden düzenleme	Planı çevresel değişime göre süratle değiştirme	Savunmacıya göre bitiriş seçme	Beklenmeyen kural, yön veya hedef değişimi
Denge	Kararlılığı koruma veya geri kazanma	Tek ayak iniş, temas sonrası toparlanma	Statik, dinamik ve reaktif denge görevleri

Not. Bir egzersiz birden fazla bileşeni aynı anda içerebilir. Hedef bileşen, görevin başarı ölçütüyle açık hâle getirilmelidir.

6.5.1. Kas İçi ve Kaslar Arası Koordinasyon

Kas içi koordinasyon, bir kasın motor ünitelerinin etkinleştirilme düzeyi, ateşleme sıklığı ve zamanlamasıyla; kaslar arası koordinasyon ise agonist, antagonist ve sinerjist kasların görev içindeki iş birliğiyle ilişkilidir. Bu kavramlar koordinatif yeteneklerle bağlantılı olmakla birlikte aynı düzeyde değildir. Kuvvet antrenmanı kas içi ve kaslar arası aktivasyonu geliştirebilir; ancak rakibe göre karar verme, görsel yönelim veya ritmik nesne kontrolü gibi algısal-koordinatif talepleri otomatik olarak geliştirmez.

Bu ayırım programlamada önemlidir. Sporcunun sorunu kuvvet üretememekse dengesiz yüzey üzerinde hafif yüklerle çalışmak yerine uygun kuvvet antrenmanı gerekir. Sorun kuvveti doğru anda ve doğru yönde kullanamamaksa teknik, koordinatif ve reaktif görevler eklenmelidir. Unstable yüzeyde kuvvet antrenmanı bazı denge kazanımları sağlayabilse de sağlıklı gençlerde stabil

yüzeydeki kuvvet antrenmanına göre kuvvet ve güç gelişiminde belirgin ek üstünlük göstermeyebilir (Behm vd., 2015).

6.6. Gelişim, Uzmanlık ve Bireysel Farklılıklar

6.6.1. Çocukluk ve Ergenlikte Motor Yeterlik

Çocukluk döneminde koşma, sıçrama, yakalama, fırlatma ve denge gibi temel hareket becerileri, ilerideki sportif becerilerin yapı taşlarını oluşturur. Motor yeterlik, fiziksel uygunlukla orta-yüksek düzeyde ilişkilidir ve bu ilişki yaşla güçlenebilir (Utesch vd., 2019). Motor becerisi yüksek çocukların ergenlikte fiziksel aktiviteye katılım olasılığının daha yüksek olduğu da uzunlamasına çalışmalarla gösterilmiştir (Barnett vd., 2009).

Bu nedenle çocuk ve genç sporcularda program yalnızca spora erken özgü tekniklerin tekrarına indirgenmemelidir. Çok yönlü lokomotor, nesne kontrolü, ritim, yönelim ve denge deneyimleri; ilerleyen yaşlarda daha karmaşık becerilerin öğrenilmesini kolaylaştırır. Sistematik derlemeler, yapılandırılmış beden eğitimi ve hareket programlarının çocuk ve ergenlerde genel motor yeterliği geliştirebildiğini göstermektedir (Lorås, 2020; Robinson vd., 2015).

6.6.2. Antrenman Geçmişi, Spor Dalı ve Başlangıç Düzeyi

Denge antrenmanına yanıt, sporcunun başlangıç düzeyi, spor dalı, yaralanma geçmişi ve kullandığı stratejilere göre değişir. Düşük başlangıç düzeyine sahip sporcular genel görevlerden daha fazla yarar görebilirken ileri düzey sporcularda testin ve antrenmanın spora özgülüğü artmalıdır. Paillard (2019), uzmanlık düzeyi ile postüral performans arasındaki farkların spora özgü veya zor test koşullarında daha belirgin olduğunu vurgulamaktadır.

Alt ekstremité yaralanması, ağrı, eklem hareket kısıtlılığı veya kronik ayak bileği instabilitesi postüral kontrolü etkileyebilir. Bu durumda performans antrenmanı ile rehabilitasyon hedefleri ayrılmalı; ağrı, şişlik, hareket açıklığı, kuvvet ve işlevsel güven değerlendirilmeden zorluk artırılmamalıdır. YBT sonuçları cinsiyet, spor ve rekabet düzeyine göre farklılaşabildiğinden tek bir evrensel kesme noktasıyla yaralanma riski yorumlamak uygun değildir (Plisky vd., 2021).

6.7. Yorgunluk ve Denge

Yorgunluk; duyuşal hassasiyeti, kas kuvvetini, tepki hızını, eklem sertliğini ve dikkat kaynaklarını değiştirerek denge performansını bozabilir. Ancak bütün denge antrenmanını yorgun durumda yapmak doğru değildir. Yeni becerilerin öğrenilmesi ve teknik kalitenin geliştirilmesi için çalışmalar genellikle seansın erken bölümünde, düşük yorgunlukla uygulanmalıdır. Müsabaka sonu

koşullarına dayanıklılık hedefleniyorsa, güvenli ve seçilmiş görevler zaman zaman yorgunluk altında çalışılabilir. Keller vd.. (2024), denge antrenmanının yorgun ve yorgun olmayan koşullardaki uyarlamalarını karşılaştırarak antrenman durumunun test bağlamıyla birlikte ele alınması gerektiğini göstermiştir.

6.8. Koordinasyon ve Dengenin Değerlendirilmesi

6.8.1. Test Seçiminin İlkeleri

Test, ölçülmek istenen yapıyı güvenilir ve geçerli biçimde temsil etmelidir. Denge değerlendirmesinde görev türü, destek yüzeyi, göz durumu, ayak pozisyonu, süre, yorgunluk, ayakkabı, dominant taraf tanımı, deneme sayısı ve geribildirim standardize edilmelidir. Öğrenme etkisini azaltmak için familiarizasyon yapılmalı; aynı sporcu izlenirken mümkün olduğunca aynı protokol kullanılmalıdır.

Bir testin düşük maliyetli ve pratik olması, her amaç için uygun olduğu anlamına gelmez. Saha testleri geniş gruplarda kolay uygulanır, fakat hareket stratejisini ayrıntılı göstermez. Kuvvet platformları ve hareket analizi daha hassas veri sağlar, ancak laboratuvar koşullarının spora özgü davranışı ne ölçüde temsil ettiği ayrıca değerlendirilmelidir. En uygun yaklaşım, saha ve laboratuvar ölçümlerini hiyerarşik bir batarya içinde birleştirmektir.

Koordinasyon ve Dengenin Değerlendirilmesinde Test Haritası



Tek bir toplam skor, koordinasyonun bütün boyutlarını temsil etmez; test bataryası hedef göreve göre kurulmalıdır.

Şekil 17. Koordinasyon ve denge değerlendirmesinde saha-laboratuvar ve statik-dinamik test haritası

Yazar tarafından Bell vd.. (2011), Plisky vd.. (2021) ve Prieto vd.. (1996) temel alınarak hazırlanmıştır.

6.8.2. Durağan Denge Testleri

Tek ayak duruş süresi, tandem duruş ve farklı göz-zemin koşulları temel saha seçenekleridir. Denge Hata Puanlama Sistemi (BESS), çift ayak, tek ayak ve tandem duruşları sert ve köpük yüzeylerde değerlendirir. Bell vd.. (2011), BESS'in durağan denge için orta-iyi güvenilirlik gösterebildiğini, büyük denge bozukluklarını ve yorgunluk etkisini saptayabildiğini; fakat küçük farklara duyarlılığının sınırlı olabileceğini bildirmiştir. Bu nedenle BESS, tek başına ince performans değişimini göstermekten çok daha belirgin postüral bozulmaları izlemek için uygundur.

6.8.3. Dinamik Denge Testleri: SEBT ve YBT

Star Excursion Balance Testi (SEBT), sporcu tek ayak üzerinde dururken diğer ayağı farklı yönlere mümkün olan en uzağa uzatmasını ister. Y Denge Testi alt çeyrek versiyonu, anterior, posteromedial ve posterolateral yönleri standart bir cihazla değerlendirir. Uzanma mesafesi bacak uzunluğuna göre normalize edilmelidir; aksi hâlde uzun ekstremiteli sporcular yapısal olarak avantajlı görünebilir.

YBT'nin değerlendirici içi güvenilirliği genellikle yüksektir; ancak skorlar cinsiyet, spor ve seviyeye göre değişir. Genel kesme noktalarının yaralanmayı her popülasyonda aynı doğrulukla öngörmediği gösterilmiştir (Plisky vd., 2021). Eski bir basketbol kohortunda anterior asimetri ve düşük bileşik skor yaralanma riskiyle ilişkilendirilmiş olsa da bu eşikler farklı gruplara otomatik aktarılmamalıdır (Plisky vd., 2006).

Normalize yön skoru (%) = En iyi uzanma mesafesi / Bacak uzunluğu × 100

Her yön sağ ve sol taraf için ayrı hesaplanır. Bacak uzunluğu ölçüm yöntemi protokol boyunca değiştirilmemelidir.

YBT bileşik skoru (%) = (A + PM + PL) / (3 × Bacak uzunluğu) × 100

A: anterior; PM: posteromedial; PL: posterolateral en iyi uzanma mesafeleri.

6.8.4. Kuvvet Platformu ve Basınç Merkezi Ölçümleri

Kuvvet platformu, yer tepki kuvvetlerinden CoP zaman serisini hesaplar. Durağan duruşta toplam yol uzunluğu, ortalama hız, salınım alanı, anteroposterior ve mediolateral değişkenlik sıklıkla raporlanır. Daha küçük salınım her zaman daha iyi kontrol anlamına gelmeyebilir; bazı görevlerde esnek

ve keşfedici salınım etkili bir stratejidir. Bu nedenle CoP değişkenleri görev, yaş, spor dalı ve kullanılan stratejiyle birlikte yorumlanmalıdır.

$$\text{CoP yol uzunluğu} = \sum \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2} \quad | \quad \text{Ortalama hız} = \frac{\text{Yol uzunluğu}}{\text{Süre}}$$

Örnekleme frekansı, filtreleme, kayıt süresi, ayak pozisyonu ve görsel koşullar raporlanmalıdır.

6.8.5. Reaktif Denge ve İniş Stabilizasyonu

Reaktif denge, beklenmeyen platform hareketi, elastik bant çekişi, kontrollü itme veya rastgele yön komutlarıyla değerlendirilebilir. İniş görevlerinde yer tepki kuvvetinin belirli bir kararlılık bandına dönmesi için geçen süre, gövde hareketi, eklem açıları ve yeniden adım alma davranışı incelenebilir. Bu testler spora daha yakın bilgi sağlar; ancak güvenlik, standartlaştırma ve ölçüm güvenilirliği daha büyük önem taşır.

6.8.6. Koordinasyon Test Bataryaları

Koordinasyonun tek bir toplam puanla ölçülmesi zordur. Reaksiyon süresi, ritim eşleme, hedefe atma-yakalama, çift görev, yönelim, sıçrama dizisi ve spora özgü teknik doğruluk ayrı yapıları temsil eder. Çocuklarda temel motor yeterlik testleri; erişkin ve sporcularda ise hedef sporun algısal-motor gereksinimlerini yansıtan görevler seçilmelidir. Testte neyin başarı sayıldığı açık olmalıdır: hız, doğruluk, hata sayısı, hareket ekonomisi veya karar doğruluğu farklı sonuçlar üretir.

Tablo 17. Denge ve koordinasyon değerlendirmesinde temel yöntemler

Yöntem	Ölçtüğü ana yapı	Güçlü yön	Sınırlılık / dikkat
Tek ayak duruş	Durağan postüral kontrol	Hızlı, düşük maliyetli	Tavan etkisi; küçük farklara duyarlılık sınırlı
BESS / mBESS	Farklı duruş ve yüzeylerde hata sayısı	Klinik ve saha için pratik	Gözlemci etkisi; ince performans değişimine sınırlı duyarlılık
SEBT / YBT	Tek ayak dinamik kontrol ve uzanma	Güvenilir, yönsel bilgi sağlar	Hareket açıklığı, kuvvet ve antropometri etkiler; genel kesme noktaları sorunlu
Kuvvet platformu	CoP salınımı ve kuvvet-zaman değişkenleri	Yüksek çözünürlük, çoklu değişken	Protokol ve işleme kararlarına duyarlı; spora özgüllük sınırlı olabilir
İniş stabilizasyonu	Dinamik kararlılık ve kuvvet sönmüleme	Sıçrama sporlarına yakın	Teknik ölçüm ve standartlaştırma gerektirir
Pertürbasyon testi	Beklenmeyen bozulmaya reaktif yanıt	Reaktif kontrolü doğrudan değerlendirir	Güvenlik, ekipman ve tekrar edilebilirlik gerektirir
Tepki/ritim/hedef görevleri	Koordinasyonun belirli alt bileşeni	Spora göre özelleştirilebilir	Tek test koordinasyonun tamamını temsil etmez

Not. Aynı testin farklı protokolleri birbirinin yerine kullanılmamalıdır. Değişim, ölçüm hatası ve familiarizasyon etkisi dikkate alınarak yorumlanmalıdır.

6.9. Koordinasyon ve Denge Antrenmanının Temel İlkeleri

6.9.1. Özgüllük

Antrenman görevi, geliştirilmek istenen becerinin duruş, hareket yönü, hız, duyuşal ortam, karar verme ve pertürbasyon özelliklerini yeterince temsil etmelidir. Hedef tek ayak iniş kontrolüyse yalnızca sabit zeminde gözler kapalı durmak yerine, iniş yüksekliği, yatay hız, dış uyaran, top takibi ve temas gibi bileşenler aşamalı biçimde eklenmelidir. Özgüllük, egzersizin spora birebir benzemesi değil; hedef becerinin belirleyici koordinatif öğelerini taşımasıdır.

6.9.2. Aşamalı Zorlaştırma ve Uygun Zorluk Noktası

Denge egzersizinin şiddeti kilogram veya hız gibi tek bir değişkenle ifade edilemez. Destek yüzeyinin daraltılması, zeminin değiştirilmesi, görsel bilginin sınırlandırılması, baş hareketi, uzanma mesafesi, dış yük, pertürbasyon, hareket hızı, karar sayısı ve çift görev talebi zorluğu artırır. İlerleme, sporcunun hatasız kalmasını

değil; teknik hedefi büyük ölçüde korurken çözebileceği düzeyde hata üretmesini amaçlamalıdır.

Çok kolay görev öğrenme uyarısını azaltır; aşırı zor görev ise sürekli kompensasyon, düşme riski ve hedef dışı stratejiler yaratır. Pratik bir ölçüt olarak sporcu denemelerin çoğunda görevi kontrollü tamamlıyor, fakat dikkatini ve düzeltme stratejilerini kullanmak zorunda kalıyorsa zorluk uygun kabul edilebilir. Başarı kolaylaşınca tek seferde bir veya iki değişken artırılmalıdır.

Koordinasyon ve Denge Antrenmanında Aşamalı Zorlaştırma

İlerleme, yalnızca "daha dengesiz araç" kullanmak değil; görevin bilgi ve hareket taleplerini sistematik artırmaktır



İlerleme ölçütü: teknik kalite korunuyorsa görev zorlaştırılır; aşırı hata ve kompensasyon varsa bir basamak geri dönülür.

Şekil 18. Koordinasyon ve denge antrenmanında aşamalı zorlaştırma modeli

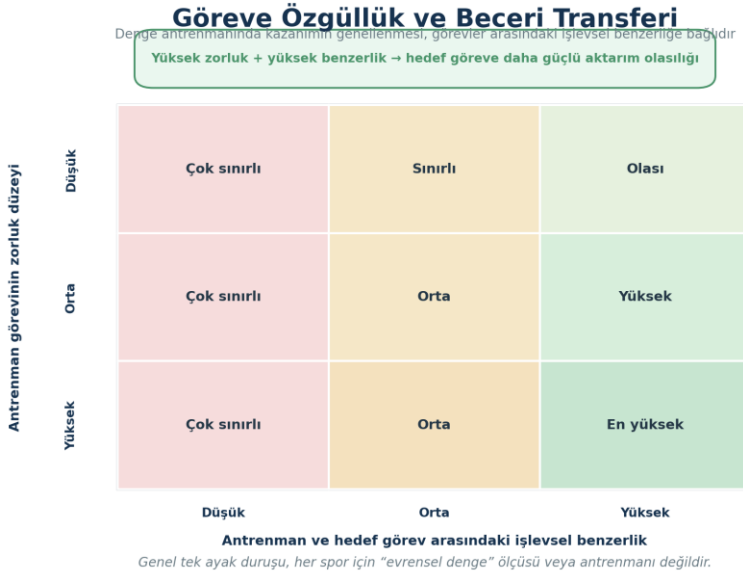
Yazar tarafından Brachman vd.. (2017), Lesinski vd.. (2015) ve Zhang vd.. (2026) temel alınarak hazırlanmıştır.

6.9.3. Görev Çeşitliliği ve Beceri Transferi

Çeşitlilik, sporcunun farklı koşullarda çözüm üretmesini sağlar; ancak rastgele ve ilişkisiz egzersizler transferi garanti etmez. Kümmel vd.. (2016) ve Bakker vd.. (2024), denge kazanımlarının güçlü biçimde göreve özgü olduğunu göstermiştir. Bu nedenle çeşitlilik, hedef hareketle işlevsel benzerliği koruyan değişkenlerden oluşturulmalıdır: aynı iniş yapısında farklı yön, top takibi veya hafif temas gibi.

Fonksiyonel olarak benzer görevler arasında aktarım olasılığı daha yüksektir. Buna karşın durağan bir denge tahtasında gelişme, beklenmeyen taban pertürbasyonuna veya yüksek hızlı saha hareketine sınırlı aktarılabilir. Program,

hedef görevlerin tamamını tek bir “mucize egzersizle” geliştirmeye çalışmak yerine, birkaç hedef görev ailesini sistematik olarak çalışmalıdır.



Şekil 19. Görev benzerliği ve zorluk düzeyine göre beceri transferinin kavramsal gösterimi

Yazar tarafından Kümmel vd.. (2016), Giboin vd.. (2018) ve Bakker vd.. (2024) temel alınarak hazırlanmıştır.

6.9.4. Geribildirim, Dikkat Odağı ve Kalite

Geribildirim, sporcunun hatayı anlamasını ve çözüm üretmesini desteklemelidir. Her tekrarda ayrıntılı içsel komut vermek, sporcuyla beden parçalarını bilinçli kontrol etmeye zorlayabilir. Özellikle ileri düzey becerilerde dışsal hedefler—“platformu yatay tut”, “iniş sesini azalt”, “göğsünü hedefe yönelt”—hareket sonucuna odaklanmayı kolaylaştırabilir. Geribildirim sıklığı öğrenme ilerledikçe azaltılmalı, sporcunun öz değerlendirme yapmasına fırsat verilmelidir.

6.9.5. Stabil ve İnstabil Yüzeylerin Yeri

İnstabil yüzeyler duyu-motor talebi artırabilir ve düşük yüklerle postüral kontrol çalışmasına olanak sağlayabilir. Bununla birlikte daha dengesiz araç kullanmak otomatik olarak daha etkili antrenman anlamına gelmez. Sağlıklı gençlerde instabil yüzeyde kuvvet antrenmanının stabil yüzeye göre kuvvet ve güç gelişiminde sınırlı ek yarar sağladığı bildirilmiştir (Behm vd., 2015). Maksimal kuvvet, güç ve yüksek hızlı teknik hedeflendiğinde stabil yüzey; seçilmiş postüral

kontrol veya rehabilitasyon hedeflendiğinde uygun instabil yüzey tercih edilmelidir.

Tablo 18. Antrenman zorluğunu değiştiren başlıca değişkenler

Değişken	Kolaylaştırma	Zorlaştırma	Kontrol ölçütü
Destek yüzeyi	Çift ayak, geniş duruş	Tandem, tek ayak, dar temas	Ayak konumu ve temas kaybı
Zemin	Sert ve sabit	Köpük, eğimli veya hareketli	Aşırı ayak bileği çökmesi ve güvenlik
Görsel bilgi	Sabit hedef, iyi aydınlatma	Hareketli hedef, çevresel görme, sınırlı görsel bilgi	Baş-göz kontrolü ve yönelim
Hareket	Durağan duruş	Uzanma, çömelme, dönme, sıçrama-iniş	Gövde ve alt ekstremité hızı
Dış yük	Yüksüz veya hafif yük	Top, medicine ball, elastik direnç	Görev kalitesi bozulmadan yük taşıma
Pertürbasyon	Öngörülebilir ve düşük genlik	Beklenmeyen yön/zaman, temas	Güvenli toparlama adımı ve reaksiyon
Bilişsel talep	Tek görev	Renk/sayı/karar/nesne takibi	Doğruluk ve tepki süresi
Yorgunluk	Seans başı, uzun dinlenme	Seçilmiş görevde kontrollü yorgunluk	Teknik bozulma eşiği ve güvenlik

Not. Zorluk artırılırken aynı anda çok sayıda değişken değiştirilmemeli; hedeflenen uyaran ve performans ölçütü korunmalıdır.

6.10. Koordinasyon Antrenmanı Yöntemleri

6.10.1. Reaksiyon ve Karar Verme Çalışmaları

Reaksiyon çalışmaları, yalnızca ışık yandığında koşmak biçiminde tasarlanmamalıdır. Sportif reaksiyon; ilgili uyaranı ilgisiz uyaranlardan ayırma, seçenekler arasından karar verme ve uygun hareketi başlatma süreçlerini içerir. Başlangıçta tek uyaran-tek tepki kullanılabilir; ilerleyen aşamalarda yön, hedef ve hareket seçeneği artırılır. Rakip davranışı, top uçuşu veya oyun kuralı gibi spora anlamlı uyaranlar genel renk komutlarından daha değerlidir.

6.10.2. Ritim, Zamanlama ve Hareketleri Bağlama

Ritim çalışmalarında metronom, alkış, müzik, adım frekansı veya partner temposu kullanılabilir. Amaç her zaman sabit ritmi korumak değildir; ritim değiştirme, hızlanma-yavaşlama ve dış ritimden iç ritme geçiş de çalışılmalıdır. Teknik dizilerde parçalar önce anlaşılır hâle getirilebilir, ancak nihai hedef

yaklaşma, yönelme, kuvvet üretme ve bitirişin akıcı bir bütün olarak bağlanmasıdır.

6.10.3. Yönelim ve Nesne Kontrolü

Yönelim antrenmanları, sporcunun vücut, top, rakip, takım arkadaşı ve hedef arasındaki ilişkileri hızla güncellemesini gerektirir. Çevresel görme, baş-göz hareketi, dönüş sonrasında hedef bulma ve değişen açıdan pas alma bu yeteneği destekler. El-göz ve ayak-göz koordinasyonu; hedef büyüklüğü, top hızı, mesafe, sıçrama ve karar sayısı ile ilerletilebilir.

6.10.4. Çift Görev ve Bilişsel-Motor Bütünleştirme

Çift görev, postüral veya hareket görevine eş zamanlı bilişsel talep ekler. Sayı sayma, renk-kural eşleme, top takibi veya kısa taktik kararlar kullanılabilir. Çift görev, temel hareket kalitesi oluşmadan erken uygulanırsa tekniği bozabilir. Önce ana hareket yeterli düzeyde otomatikleştirilmeli, ardından bilişsel talep küçük basamaklarla artırılmalıdır.

Tablo 19. Koordinasyon antrenmanı için örnek görevler

Hedef	Başlangıç görevi	İlerletme	Başarı ölçütü
Basit reaksiyon	Tek renge göre 3 m çıkış	İki-üç renk ve farklı yön	Doğru seçim + tepki süresi
Seçici reaksiyon	Antrenörün el işaretine göre pas	Rakip ve boş alan bilgisine göre pas/koşu	Karar doğruluğu + teknik kalite
Ritim	Metronomla düşük hızlı adım	Değişken tempo, ritim kırılması, top ekleme	Zamanlama hatası ve akıcılık
Yönelim	Dönüş sonrası sabit hedefi bulma	Hareketli hedef, çevresel bilgi, rakip baskısı	Hedefe yönelme süresi
Ayrımlaştırma	Yakın-uzak hedefe farklı kuvvette atış	Küçük hedef, farklı top ve mesafe	Hedef hatası ve kuvvet kontrolü
Bağlama	İki parçalı teknik kombinasyon	Çok aşamalı seri ve değişen bitiriş	Akış, sıra ve toplam süre
Uyarlama	Önceden bilinen yön değiştirme	Son anda kural/yön/bitiriş değişimi	Doğru çözüm ve yeniden düzenleme süresi

Not. Hız artışı yalnızca doğruluk ve hareket kalitesi kabul edilebilir düzeyde korunuyorsa ilerleme sayılmalıdır.

6.11. Denge Antrenmanı Yöntemleri

6.11.1. Durağan ve Tek Ayak Kontrolü

Durağan denge çalışmaları, başlangıç düzeyi, rehabilitasyon ve belirli spor duruşları için yararlıdır. Çift ayaktan tandeme, tek ayağa ve spora özgü duruşa ilerlenebilir. Baş hareketi, uzanma, top manipülasyonu ve sınırlı görsel bilgi eklenerek görev zenginleştirilir. Tek ayak denge antrenmanının tek veya çoklu seanslarda kontrolü geliştirebildiği, ancak protokollerin süre ve ilerleme bakımından oldukça değişken olduğu bildirilmiştir (Marcori vd., 2022).

6.11.2. Dinamik Denge, Ağırlık Aktarımı ve Uzanma

Dinamik çalışmalarda sporcu kütle merkezini destek alanı içinde kontrollü biçimde hareket ettirir. Çok yönlü uzanma, kontrollü tek ayak çömelme, düşük basamak geçişi, çapraz adım ve gövde rotasyonu kullanılabilir. Uzanma mesafesi artırılırken ayak tabanının yerle teması, diz-kalça hizası ve gövde kontrolü korunmalıdır. Hedef yalnızca daha uzağa ulaşmak değil, hedeflenen hareket stratejisini tekrar edebilmektir.

6.11.3. Sıçrama, İniş ve Yön Değiştirme

Sıçrama-iniş görevleri postüral kontrolü kuvvet sönmüleme ve yüksek hızlı eklem koordinasyonu ile birleştirir. Çift ayak inişten tek ayağa, dikeyden yatay ve çok yönlü inişe, öngörülebilir görevden görsel/işitsel komuta ilerlenebilir. “İnişi tutma” başlangıçta yararlı olsa da oyun sporlarında inişten sonraki ikinci eylem—pas, sprint, savunma veya yeniden sıçrama—programa eklenmelidir.

6.11.4. Reaktif Denge ve Pertürbasyon

Reaktif antrenman, sporcunun bozulmanın zamanını veya yönünü tam olarak bilmediği görevler içerir. Elastik bantla güvenli çekiş, partnerin kontrollü omuz/gövde teması, medicine-ball yakalama, rastgele yön komutu ve düşük genlikli platform hareketi örnek verilebilir. Pertürbasyonun büyüklüğü, sporcunun güvenli adım alma veya tutunma stratejisi geliştirebileceği düzeyde olmalıdır. Gözleri kapatmak, beklenmeyen pertürbasyonla aynı şey değildir; biri duyuşal girdiyi azaltır, diğeri gerçek zamanlı düzeltme gerektirir.

Tablo 20. Denge antrenmanı görev ailesi ve ilerleme örnekleri

Görev ailesi	Temel seviye	Orta seviye	İleri / spora özgü seviye
Durağan kontrol	Çift ayak ve tandem duruş	Tek ayak + baş hareketi/uzanma	Spora özgü duruş + nesne/karar görevi
Dinamik kontrol	Kontrollü ağırlık aktarımı	Çok yönlü uzanma ve tek ayak çömelme	Hareketli hedef ve değişen destek yüzeyi
İniş stabilizasyonu	Alçak çift ayak iniş	Tek ayak ve çok yönlü iniş	Komuta göre iniş + ikinci aksiyon
Reaktif denge	Öngörülebilir düşük pertürbasyon	Rastgele yönlü bant/partner teması	Rakip baskısı, top ve karar içeren güvenli oyun görevi
Araç üzerinde denge	Sabit, düşük zorluklu araç	Daha dar veya hareketli araç	Yalnızca hedef spora işlevsel benzerlik varsa kullanılır
Yorgunluk altında kontrol	Uygulanmaz veya çok düşük	Seçilmiş görev sonrası kısa blok	Müsabaka sonu koşuluna benzer, güvenli ve sınırlı blok

Not. Araç seçimi değil görev amacı belirleyicidir. Antrenör, her egzersizin hangi denge türünü ve hangi sportif davranışı hedeflediğini açıklayabilmelidir.

6.12.Sportif Performans ve Yaralanma Önleme

6.12.1. Performans Üzerindeki Etkiler

Denge antrenmanı postüral kontrolü güvenilir biçimde geliştirebilir; ancak sprint, maksimal kuvvet, sıçrama ve spora özgü performans etkisi daha değişkendir. Hrysomallis (2011), denge ile bazı performans ölçütleri arasında ilişki bulunduğunu, fakat denge antrenmanının kuvvet ve kondisyon çalışmalarının yerine geçmemesi gerektiğini vurgulamıştır. Zech vd.. (2010) da postüral kontrol gelişimini desteklerken sıçrama, çeviklik ve nöromüsküler çıktılardaki sonuçların heterojen olduğunu bildirmiştir.

Güncel meta-analizler, nöromüsküler antrenmanın sporcularda özellikle dinamik dengeyi geliştirdiğini göstermektedir (Shi vd., 2026; Wang vd., 2024; Zhang vd., 2026). Basketbolcuları inceleyen 2025 tarihli sistematik derleme, denge yanında güç, çeviklik, stabilite ve bazı beceri çıktılarında olumlu sonuçlar bildirmiş; ancak bütün testlerde anlamlı gelişme görülmemiştir (Wang vd., 2025). Bu durum, programın içeriği ve kullanılan testin özgüllüğünün sonucu belirlediğini destekler.

6.12.2. Ayak Bileği Burkulmalarının Önlenmesi

Denge ve proprioseptif antrenman, ayak bileği burkulmalarının önlenmesinde en güçlü uygulama alanlarından biridir. Bellows ve Wong (2018), rekabetçi sporcularda

denge antrenmanının ayak bileği burkulması riskini kontrol gruplarına göre yaklaşık yüzde 46 azalttığını bildirmiştir. de Vasconcelos vd.. (2018) ise proprioseptif/denge antrenmanının burkulma insidansını azaltırken dinamik nöromusküler kontrol ve eklem konum hissini geliştirebildiğini göstermiştir.

Bu sonuçlar her sporcu için aynı büyüklükte yarar garantisi vermez. Önceki burkulma öyküsü, programa uyum, spor dalı, zemin ve maruziyet farklılıkları etkiyi değiştirir. Ayrıca yaralanma önleme, tek bir denge tahtası egzersizinden çok; kuvvet, iniş, yön değiştirme, reaksiyon ve hareket kalitesini birleştiren nöromusküler programlarla daha bütüncül hâle gelir.

6.12.3.Genç Sporcularda Nöromusküler Programlar

Genç sporcularda kısa ve düzenli nöromusküler antrenman blokları alt ekstremitte yaralanmalarını azaltabilir. Steib vd.. (2017), 10–15 dakikalık çalışmaların haftada iki-üç kez ve toplam 30–60 dakika uygulanmasının en büyük koruyucu etkiyle ilişkili olduğunu; ancak çalışmalar arasındaki heterojenlik nedeniyle bu değerlerin katı reçete olarak değil başlangıç çerçevesi olarak değerlendirilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Tablo 21. Kanıtların uygulamaya çevrilmesi

Amaç	Kanıtın Genel Yönü	Uygulama Sonucu	Sınır
Durağan/dinamik denge	Çoğu çalışmada olumlu	Göreve özgü, ilerleyici denge görevleri eklenebilir	Aktarım eğitilmeyen görevlere sınırlı olabilir
Nöromusküler kontrol	Genel olarak olumlu	Denge, iniş, yön değiştirme ve reaksiyonu bütünleştir	Program içerikleri heterojendir
Sprint/kuvvet/güç	Karışık veya küçük ek etki	Dengeyi kuvvet ve güç antrenmanına ek olarak kullan	Stabil yüzeyde yüksek kuvvet üretiminin yerini tutmaz
Ayak bileği burkulması	Risk azalması için destekleyici kanıt	Düzenli denge/proprioseptif blokları özellikle riskli gruplarda uygula	Uyum ve önceki yaralanma etkiler
Spora özgü beceri	Bazı spor ve testlerde olumlu	Hedef duruş, hız, nesne ve karar taleplerini yansıtır	Genel görevden otomatik beceri transferi bekleme

Not. Kanıtın “olumlu” olması, bütün sporcular ve bütün testler için eşit etki anlamına gelmez. Başlangıç düzeyi, görev özgüllüğü ve program uyumu izlenmelidir.

6.13. Dozlama, Seans Yerleşimi ve Periyodizasyon

6.13.1. Antrenman Dozu

Denge antrenmanında tek bir evrensel doz yoktur. Genç erişkinlerde 11–12 hafta, haftada yaklaşık üç seans ve 11–15 dakikalık kısa seansların durağan denge için etkili olduğu bildirilmiş; ancak bu sonuçlar sınırlı sayıdaki çalışmaların birleşiminden elde edilmiştir (Lesinski vd., 2015). Gençlerde 4–15 dakikalık seanslar ve haftada toplam 31–60 dakika olumlu sonuçlarla ilişkilendirilmiş, fakat moderatör analizleri kesin bir optimum dozu doğrulamamıştır (Gebel vd., 2018).

Sporculardaki programlar çoğunlukla 6–12 hafta sürmekte ve haftada iki-üç kez uygulanmaktadır. 2026 tarihli takım sporu meta-analizi, bütünsel nöromusküler antrenmanın statik ve dinamik dengeyi geliştirdiğini; dinamik denge için haftada en az üç seansın, statik denge için sekiz haftaya kadar olan programların daha büyük etkilerle ilişkili olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte alt grup örneklemeleri ve heterojenlik nedeniyle bu sonuçlar kesin eşik değil, programlama rehberi olarak ele alınmalıdır (Zhang vd., 2026).

Pratik Başlangıç Reçetesi

Sağlıklı sporcularda haftada 2–3 kez, 10–20 dakikalık bloklar; 3–6 görev; görev başına 2–4 set ve 20–40 saniye çalışma veya 4–8 nitelikli tekrar başlangıç için uygundur. İlerleme, takvimden çok performans kalitesi ve görev başarısına göre yapılmalıdır.

6.13.2. Seans İçindeki Yerleşim

Yeni veya teknik olarak karmaşık koordinasyon görevleri ısınma sonrasında, yorgunluk düşüken uygulanmalıdır. Bu yerleşim dikkat, motor öğrenme ve kaliteli tekrar için elverişlidir. Kısa denge blokları nöromusküler ısınmaya da entegre edilebilir. Maksimal kuvvet veya güç hedeflenen bölümden hemen önce aşırı yorucu denge çalışması yapmak, sonraki performansı azaltabilir.

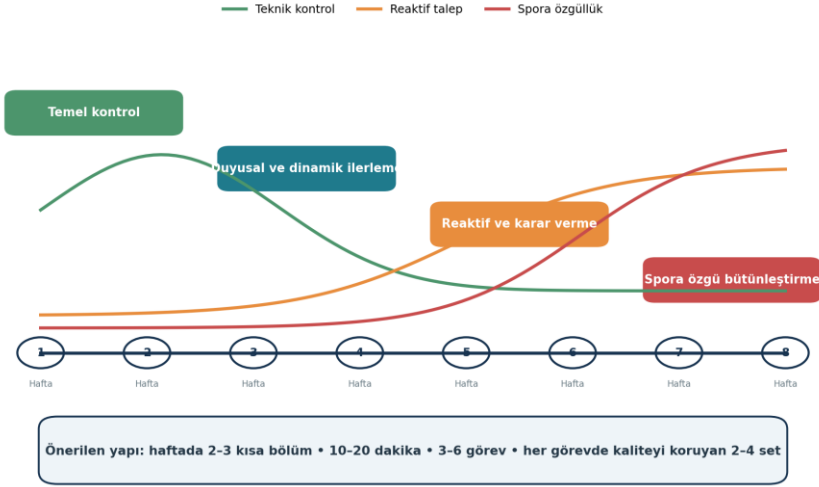
Müsabaka sonu performansını hedefleyen ileri düzey sporcularda, seçilmiş reaktif denge veya iniş görevleri ana antrenmanın sonuna yerleştirilebilir. Bu uygulama temel öğrenmenin yerini tutmaz; önce yorgun olmayan koşulda güvenli teknik kurulmalı, ardından düşük hacimde yorgunluk koşuluna aktarılmalıdır. Ağrı, kontrolsüz çökme, geciken adım yanıtı veya tekrarlayan temas kaybı ortaya çıktığında görev sonlandırılmalıdır.

6.13.3. Sezon İçinde Periyodizasyon

Hazırlık döneminde genel motor repertuar, temel tek ayak kontrolü, iniş tekniği ve çok yönlü hareket kapasitesi geliştirilir. Müsabaka öncesi dönemde karar verme, temas, spora özgü hız ve reaktif görevlerin oranı artırılır. Müsabaka döneminde hacim azaltılır; kısa, kaliteli ve hedefe özgü bloklarla kazanımlar korunur. Geçiş döneminde çeşitlilik, düşük yoğunluklu beceri öğrenimi ve bireysel eksiklerin giderilmesi öne çıkar.

Sekiz Haftalık Koordinasyon ve Denge Gelişim Modeli

Hacimden çok görev kalitesi, özgüllük ve kontrollü ilerleme ön plandadır



Şekil 20. Sekiz haftalık koordinasyon ve denge gelişim modeli

Yazar tarafından Lesinski vd.. (2015), Gebel vd.. (2018), Steib vd.. (2017) ve Zhang vd.. (2026) temel alınarak hazırlanmıştır

Tablo 22. Sekiz haftalık örnek koordinasyon ve denge programı

Hafta	Ana hedef	Örnek içerik	Doz ve ilerleme ölçütü
1-2	Temel kontrol ve test familiarizasyonu	Tek ayak duruş, kontrollü ağırlık aktarımı, ritim ve basit reaksiyon	2×/hafta, 12-15 dk; görevlerin ≥ 80 'i teknik hedefle tamamlanır
3-4	Dinamik ve duyuşal ilerleme	Çok yönlü uzanma, tek ayak çömelme, baş-göz hareketi, değişen ritim	2-3×/hafta, 15-18 dk; mesafe/hız küçük adımlarla artar
5-6	Reaktif kontrol ve karar	Rastgele yön komutu, düşük pertürbasyon, sıçrama-iniş + seçim	3×/hafta, 15-20 dk; doğru karar ve güvenli toplama birlikte izlenir
7-8	Spora özgü bütünleştirme	Top/rakip/temas içeren yön değiştirme, iniş sonrası ikinci aksiyon, kontrollü yorgunluk	2-3×/hafta, 12-18 dk; hedef test ve spora özgü görev yeniden ölçülür

Not. Program örnektir. Yaş, spor dalı, antrenman yaşı, yaralanma öyküsü, mevcut haftalık yük ve tesis koşullarına göre uyarlanmalıdır.

Tablo 23. Örnek mikro döngüde seans yerleşimi

Gün	Ana antrenman	Koordinasyon-denge yerleşimi	Amaç
Pazartesi	Kuvvet + teknik	Isınma sonrası 12 dk temel/dinamik kontrol	Kaliteli öğrenme ve haftaya başlangıç
Salı	Saha hız/çeviklik	Teknik bölüm içinde 10 dk reaksiyon ve yönelim	Algısal-motor hız
Çarşamba	Toparlanma / düşük yük	10-15 dk düşük şiddetli beceri ve bireysel düzeltme	Yük bindirmeden tekrar
Perşembe	Taktik + oyun	Oyun öncesi 10 dk iniş ve reaktif kontrol	Spora özgü bütünleştirme
Cuma	Müşabaka öncesi aktivasyon	6-8 dk düşük hacimli ritim, reaksiyon, postür	Keskinlik, yorgunluk yaratmama
Hafta sonu	Müşabaka	Ayrı blok yok; ısınma içinde kısa hatırlatma	Performansa hazırlık

Not. Takvim, müşabaka gününe ve sporcunun toplam yüküne göre kaydırılmalıdır. Aynı hafta içindeki yüksek pertürbasyon ve pliometrik yükler birlikte izlenmelidir.

6.14. Spora Özgü Uygulama Örnekleri

6.14.1. Futbol, Basketbol ve Hentbol

Takım sporlarında tek ayak kontrolü; hızlanma-yavaşlama, yön değiştirme, temas, top takibi ve karar vermeyeyle bütünleştirilmelidir. Başlangıçta YBT benzeri çok yönlü uzanma ve kontrollü inişler kullanılabilir. İlerleyen aşamada top sürme veya pas kararı, rakibin hareketine göre yön seçme, omuz teması sonrasında toparlanma adımı ve inişten sonraki sprint eklenir. Denge tahtası, hedef görevlerin yerini değil, belirli hazırlık veya rehabilitasyon amaçlarını destekler.

6.14.2. Jimnastik, Artistik Sporlar ve Dövüş Sporları

Bu dallarda dar destek yüzeyi, rotasyon, ters duruş, görsel referansın değişmesi ve yüksek postüral hassasiyet öne çıkar. Denge çalışması, yarışma duruşuna ve alet/zemin özelliklerine yaklaşmalıdır. Dövüş sporlarında rakip teması, çekme-itme kuvvetleri ve hızlı destek değişimleri eklenir. Uzun süreli durağan duruşların yanında, beklenmeyen kuvvet yönüne karşı adım veya gövde stratejisi mutlaka çalışılmalıdır.

6.14.3. Atletizm, Kayak ve Dayanıklılık Sporları

Sprint ve atlamalarda denge, yüksek hızda kuvvet yönlendirme ve tek ayak destek süresinin kontrolüyle ilişkilidir. Bu sporcularda düşük hızlı dengesiz araçlardan çok, koşu mekaniği, tek ayak sıçrama-iniş, yönsel kuvvet ve ritim çalışmaları önceliklidir. Kayak ve patika koşusunda zemin değişkenliği ve sürekli duyuusal uyarılma önemlidir; eğimli yüzey, değişen basamak yüksekliği ve güvenli reaktif adım görevleri kullanılabilir.

6.14.4. Çocuk ve Genç Sporcular

Çocuklarda eğlenceli, çok yönlü ve başarı hissi oluşturan görevler seçilmelidir. Denge çizgileri, farklı yönlerde sıçrama, top yakalama, ritim oyunları, taklit ve basit karar görevleri kısa istasyonlar hâlinde uygulanabilir. Erken uzmanlaşma yerine geniş hareket repertuarı hedeflenmeli; yarışma baskısı yaratmadan doğruluk, akıcılık ve problem çözme teşvik edilmelidir.

6.15. Yaralanma Sonrası Spora Dönüş

Spora dönüşte ağrısız hareket, eklem hareket açıklığı, kuvvet, güven ve doku toleransı temel koşullardır. Denge ilerlemesi durağan kontrolden dinamik uzanmaya, iniş ve yön değiştirmeye, öngörülü pertürbasyona ve son olarak beklenmeyen spora özgü görevlere taşınır. YBT veya BESS gibi saha testleri tek başına dönüş kararı vermez; kuvvet, sıçrama, koşu yükü, teknik kalite, semptom ve sporcunun psikolojik hazır oluşuyla birlikte değerlendirilir.

Tablo 24. Dört spor senaryosu için hedef-görev eşleştirmesi

Senaryo	Öncelikli koordinatif talep	Örnek görev	İzlenecek çıktı
Futbolda yön değiştirme	Görsel yönelim, seçici reaksiyon, tek ayak dinamik denge	Rakip işaretine göre 45°/90° yön değiştirme ve top kontrolü	Karar doğruluğu, frenleme adımı, gövde/diz kontrolü
Basketbolda ribaund inişi	Havada yönelim, temas sonrası reaktif denge	Top yakalama + hafif omuz teması + iniş sonrası pas/sprint	Temas kaybı, yeniden adım, ikinci aksiyon süresi
Jimnastikte dar yüzey	Kinestetik ayırtma, ritim, durağan-dinamik denge	Dar çizgide seri adım, dönüş ve sabitleme	Hata sayısı, salınım ve seri akıcılığı
Dövüş sporunda çekme-itme	Reaktif postür, hareketleri bağlama, uyarılma	Rastgele yönlü kontrollü partner çekişi sonrası teknik giriş	Toparlama adımı, teknik zamanlama, güvenli postür

Not. Görevler önce düşük hız ve öngörülebilir koşulda öğretilmeli; ardından hız, belirsizlik ve temas aşamalı olarak artırılmalıdır.

6.15.1. İzleme, İlerleme Kararları ve Güvenlik

6.15.1.1. İlerleme İçin Karar Ölçütleri

Program ilerlemesi yalnızca belirlenen haftanın dolmasına bağlanmamalıdır. Sporcu hedef duruşu koruyor, tekrarlar arasında tutarlı performans gösteriyor, gereksiz kompensasyon oluşturmuyor ve görev sonrası ağrı yaşamıyorsa zorluk artırılabilir. Hata sayısı yükseliyor, gövde kontrolü kayboluyor, diz veya ayak bileği pozisyonu tekrarlayan biçimde bozuluyor ya da karar doğruluğu düşüyorsa hacim veya zorluk azaltılmalıdır.

İzleme için basit bir puanlama kullanılabilir: görev başarısı, teknik kalite, algılanan zorluk ve semptom ayrı kaydedilir. Örneğin 0–10 algılanan zorluk ölçeğinde 5–7 aralığı, hedeflenen teknik korunuyorsa öğrenme için uygun olabilir. Ancak bu aralık evrensel değildir; görev ve sporcuya göre kalibre edilmelidir.

6.15.1.2. Güvenlik İlkeleri

Düşme riski olan görevlerde çevre boşaltılmalı, uygun minder veya tutunma seçeneği sağlanmalı ve antrenör yakın gözetimde olmalıdır. Gözler kapalı görevler, yüksek platform, sert dış pertürbasyon ve ağır yük aynı anda kullanılmamalıdır. Baş dönmesi, yeni nörolojik belirti, akut eklem şişliği, belirgin

ağrı veya travma sonrasında klinik değerlendirme yapılmadan zorlayıcı denge çalışmasına devam edilmemelidir.

Çocuklarda ve rehabilitasyon sürecindeki sporcularda görev yüksekliği, araç stabilitesi ve partner teması daha konservatif seçilmelidir. Yorgunluk altında reaktif görevler yalnızca temel kontrol yerleşmiş, düşme planı öğretilmiş ve güvenli alan hazırlanmışsa uygulanmalıdır.

Tablo 25. Basit antrenman izleme formu

Değişken	0–2 puanlama örneği	İlerleme kararı
Görev başarısı	0: çoğu deneme başarısız; 1: değişken; 2: çoğu başarılı	2 puan iki seans korunursa zorluk artırılabilir
Teknik kalite	0: belirgin kompensasyon; 1: küçük/ara sıra; 2: hedef strateji korunuyor	0 puanda görev kolaylaştırılır veya sonlandırılır
Karar doğruluğu	0: <%60; 1: %60–80; 2: >%80	Hız, doğruluk korunmadan artırılmaz
Algılanan zorluk	0: çok kolay; 1: uygun; 2: aşırı zor	Uygun zorluk hedeflenir; aşırı zorda basamak geri alınır
Semptom	0: yok; 1: hafif/geçici; 2: artan ağrı, baş dönmesi veya güvensizlik	2 puanda çalışma kesilir ve değerlendirme yapılır

Not. Puanlama örnektir; takımın veri sistemi ve spor dalının gereksinimlerine göre uyarlanabilir.

6.15.2. Sık Yapılan Hatalar ve Bilimsel Düzeltmeler

Tablo 26. Koordinasyon ve denge antrenmanında sık hatalar

Hata	Neden sorunlu?	Düzeltme
Her egzersizi instabil zemine taşımak	Kuvvet ve güç çıkışını sınırlayabilir; hedef görevle ilişkisi zayıf olabilir	Stabil zemini yüksek kuvvet/hız için koru; instabil zemini belirli postüral hedefte kullan
Dengeyi tek bir genel yetenek kabul etmek	Görevler arası transfer çoğunlukla sınırlıdır	Statik, dinamik, proaktif ve reaktif görevleri ayrı hedefle
Gözleri kapatmayı en ileri seviye saymak	Sadece görsel girdiyi kaldırır; spora özgü karar veya pertürbasyon üretmez	Baş-göz hareketi, hareketli hedef, rakip ve karar talebini aşamalı ekle
Rastgele “koordinasyon parkurları” yapmak	Başarı ölçütü ve hedef bileşen belirsiz kalır	Her görev için reaksiyon, ritim, yönelim veya bağlama hedefini tanımla
Hız uğruna teknik kaliteden vazgeçmek	Hatalı stratejiyi pekiştirir ve yaralanma riskini artırabilir	Doğruluk ve kontrol korununca hız artır
YBT/BESS puanını tek başına yaralanma veya dönüş kararı yapmak	Testler tüm risk ve performans boyutlarını kapsamaz	Kuvvet, sıçrama, koşu, semptom, psikolojik hazır oluş ve maruziyetle birlikte yorumla
Bütün çalışmaları yorgunluk altında yapmak	Motor öğrenme kalitesini ve güvenliği azaltabilir	Önce taze koşulda öğren; sonra seçilmiş görevde kontrollü yorgunluğa aktar

Kaynakça

- Bakker, L. B. M., Lamothe, C. J. C., Vetrovsky, T., Gruber, M., Caljouw, S. R., Nieboer, W., Taube, W., van Dieën, J. H., Granacher, U., & Hortobágyi, T. (2024). Neural correlates of balance skill learning in young and older individuals: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, 10(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00668-3>
- Barnett, L. M., van Beurden, E., Morgan, P. J., Brooks, L. O., & Beard, J. R. (2009). Childhood motor skill proficiency as a predictor of adolescent physical activity. *Journal of Adolescent Health*, 44(3), 252–259. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2008.07.004>
- Bell, D. R., Guskiewicz, K. M., Clark, M. A., & Padua, D. A. (2011). Systematic review of the Balance Error Scoring System. *Sports Health*, 3(3), 287–295. <https://doi.org/10.1177/1941738111403122>
- Bellows, R., & Wong, C. K. (2018). The effect of bracing and balance training on ankle sprain incidence among athletes: A systematic review with meta-analysis. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(3), 379–388. <https://doi.org/10.26603/ijsppt20180379>
- Behm, D. G., Muehlbauer, T., Kibele, A., & Granacher, U. (2015). Effects of strength training using unstable surfaces on strength, power and balance performance across the lifespan: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(12), 1645–1669. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0384-x>
- Brachman, A., Kamieniarz, A., Michalska, J., Pawłowski, M., Słomka, K. J., & Juras, G. (2017). Balance training programs in athletes: A systematic review. *Journal of Human Kinetics*, 58, 45–64. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0088>
- de Vasconcelos, G. S., Cini, A., Sbruzzi, G., & Lima, C. S. (2018). Effects of proprioceptive training on the incidence of ankle sprain in athletes: Systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 32(12), 1581–1590. <https://doi.org/10.1177/0269215518788683>
- Gebel, A., Lesinski, M., Behm, D. G., & Granacher, U. (2018). Effects and dose-response relationship of balance training on balance performance in youth: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(9), 2067–2089. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0926-0>

- Giboin, L.-S., Gruber, M., & Kramer, A. (2018). Three months of slackline training elicit only task-specific improvements in balance performance. *PLOS ONE*, 13(11), e0207542. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207542>
- Hof, A. L., Gazendam, M. G. J., & Sinke, W. E. (2005). The condition for dynamic stability. *Journal of Biomechanics*, 38(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.03.025>
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age and Ageing*, 35(Suppl. 2), ii7–ii11. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl077>
- Hrysomallis, C. (2011). Balance ability and athletic performance. *Sports Medicine*, 41(3), 221–232. <https://doi.org/10.2165/11538560-000000000-00000>
- Keller, M., Lichtenstein, E., Roth, R., & Faude, O. (2024). Balance training under fatigue: A randomized controlled trial on the effect of fatigue on adaptations to balance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 38(2), 297–305. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000004620>
- Kümmel, J., Kramer, A., Giboin, L.-S., & Gruber, M. (2016). Specificity of balance training in healthy individuals: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(9), 1261–1271. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0515-z>
- Lesinski, M., Hortobágyi, T., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2015). Dose-response relationships of balance training in healthy young adults: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(4), 557–576. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0284-5>
- Lorås, H. (2020). The effects of physical education on motor competence in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Sports*, 8(6), 88. <https://doi.org/10.3390/sports8060088>
- Marcori, A. J., Monteiro, P. H. M., Oliveira, J. A., Doumas, M., & Teixeira, L. A. (2022). Single leg balance training: A systematic review. *Perceptual and Motor Skills*, 129(2), 232–252. <https://doi.org/10.1177/00315125211070104>
- Muehlbauer, T., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2015). Associations between measures of balance and lower-extremity muscle strength/power in healthy

- individuals across the lifespan: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(12), 1671–1692. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0390-z>
- Paillard, T. (2017). Plasticity of the postural function to sport and/or motor experience. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 72, 129–152. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.11.015>
- Paillard, T. (2019). Relationship between sport expertise and postural skills. *Frontiers in Psychology*, 10, 1428. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01428>
- Peterka, R. J. (2002). Sensorimotor integration in human postural control. *Journal of Neurophysiology*, 88(3), 1097–1118. <https://doi.org/10.1152/jn.2002.88.3.1097>
- Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., & Underwood, F. B. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 911–919. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2244>
- Plisky, P., Schwartkopf-Phifer, K., Huebner, B., Garner, M. B., & Bullock, G. (2021). Systematic review and meta-analysis of the Y-Balance Test Lower Quarter: Reliability, discriminant validity, and predictive validity. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(5), 1190–1209. <https://doi.org/10.26603/001c.27634>
- Prieto, T. E., Myklebust, J. B., Hoffmann, R. G., Lovett, E. G., & Myklebust, B. M. (1996). Measures of postural steadiness: Differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 43(9), 956–966. <https://doi.org/10.1109/10.532130>
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2012). The proprioceptive senses: Their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiological Reviews*, 92(4), 1651–1697. <https://doi.org/10.1152/physrev.00048.2011>
- Robinson, L. E., Stodden, D. F., Barnett, L. M., Lopes, V. P., Logan, S. W., Rodrigues, L. P., & D'Hondt, E. (2015). Motor competence and its effect on positive developmental trajectories of health. *Sports Medicine*, 45(9), 1273–1284. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0351-6>

- Shi, K., Xiang, M., Shi, H., & Duan, R. (2026). Effects of neuromuscular training on athletes' balance ability: A meta-analysis. *Sports Medicine*, 56(1), 201–213. <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02335-x>
- Steib, S., Rahlf, A. L., Pfeifer, K., & Zech, A. (2017). Dose-response relationship of neuromuscular training for injury prevention in youth athletes: A meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 8, 920. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00920>
- Utesch, T., Bardid, F., Büsch, D., & Strauss, B. (2019). The relationship between motor competence and physical fitness from early childhood to early adulthood: A meta-analysis. *Sports Medicine*, 49(4), 541–551. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01068-y>
- Wang, P., Liu, Y., & Chen, C. (2024). Effects of neuromuscular training on dynamic balance ability in athletes: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, 10(16), e35823. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35823>
- Wang, Z., Chen, N., Cao, S., Gao, L., Soh, K. G., & Liu, J. (2025). The effects of balance training on physical fitness and skill-related performance in basketball players: A systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 17, 108. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01164-9>
- Zech, A., Hübscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F., & Pfeifer, K. (2010). Balance training for neuromuscular control and performance enhancement: A systematic review. *Journal of Athletic Training*, 45(4), 392–403. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.4.392>
- Zhang, J., Liu, J., Mi, J., & Liu, R. (2026). Integrative neuromuscular training on static and dynamic balance in team sport athletes: A systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 18, 102. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01517-4>

YEDİNCİ BÖLÜM

ANTRENMAN BİLİMİNDE TESTLER VE PERFORMANS DEĞERLENDİRİLMESİ

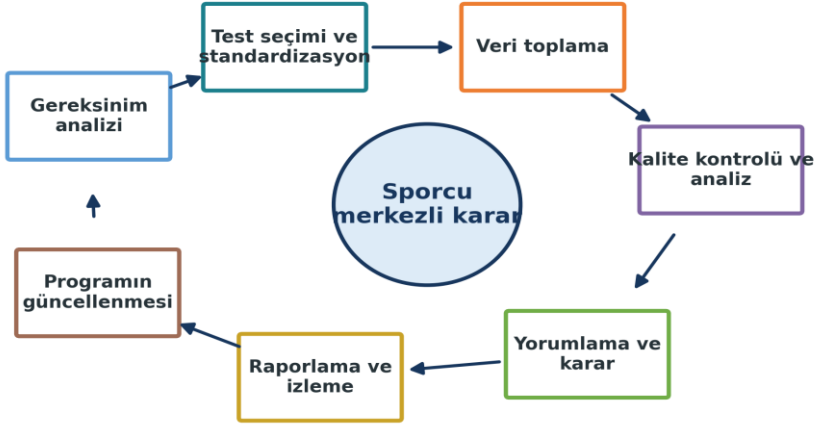
Arş. Gör. Ayşe Demet KARADAĞ

Antrenman bilimlerinde test uygulaması, sporcuları yalnızca “iyi” ya da “zayıf” olarak sınıflandıran tek seferlik bir sınav değildir. Doğru kurgulandığında test; sporun ve sporcunun gereksinimlerini tanımlayan, antrenman hedeflerini somutlaştıran, uygulanan programın etkisini izleyen ve sonraki kararları besleyen sistematik bir ölçme sürecidir. Bu nedenle bir test sonucunun değeri, sayısal büyüklüğünden önce hangi soruya yanıt verdiği, hangi hata sınırları içinde üretildiği ve uygulamaya nasıl çevrildiği ile belirlenir. (Currell ve Jeukendrup, 2008; Hopkins, 2000).

Performans çok boyutlu bir yapıdır. Aynı sporcunun sürat, kuvvet, güç, aerobik kapasite, tekrarlı sprint yeteneği, hareket kalitesi ve spora özgü beceri profili farklı düzeylerde olabilir. Ayrıca performans; yaş, biyolojik olgunlaşma, cinsiyet, antrenman geçmişi, önceki günlerin yükü, uyku, beslenme, motivasyon, çevresel koşullar ve kullanılan ölçüm sistemi gibi birçok değişkenden etkilenir. Dolayısıyla tek bir test veya birleşik bir “genel puan”, performansın tümünü açıklayamaz; ölçümler birbirini tamamlayan kanıtlar olarak ele alınmalıdır. (Tanner ve Gore, 2012; Salter vd., 2025).

Bu bölümde performans testlerinin seçimi ve uygulanması, geçerlik ve güvenirlik kavramları, ölçüm hatasının nicelleştirilmesi, başlıca laboratuvar ve saha testleri, teknolojik ölçüm araçları, sonuçların yorumlanması ve bilimsel raporlama ilkeleri bütüncül biçimde ele alınmaktadır. Temel amaç, “hangi testi yapmalıyız?” sorusunu “hangi kararı, hangi doğrulukta ve hangi koşullarda vermek istiyoruz?” sorusuyla birlikte değerlendirebilecek bir uygulama çerçevesi sunmaktır.

Performans Değerlendirme Döngüsü



Test, tek seferlik bir sınav değil; kararların düzenli olarak yeniden sınındığı bir izleme sürecidir.

Şekil 21. Performans değerlendirme döngüsü

Yazar tarafından ölçme-değerlendirme ve sporcu izleme ilkeleri temel alınarak hazırlanmıştır.

7.1. Performans Testlerinin Kavramsal Çerçevesi

Performans testi, belirli bir fiziksel, fizyolojik, nöromüsküler veya beceriye dayalı özelliği standart koşullar altında ortaya çıkarmak için kullanılan yapılandırılmış görevdir. Ölçme, bu görevden sayı veya kategori üretme işlemidir. Değerlendirme ise ölçüm sonucunun bir referansla karşılaştırılması, anlamlandırılması ve karar sürecine dahil edilmesidir. İzleme, aynı veya eşdeğer ölçümlerin zaman içinde tekrarlanarak eğilimlerin takip edilmesini; profil oluşturma ise farklı performans alanlarının aynı anda ele alınarak sporcunun güçlü ve gelişime açık yönlerinin görünür kılınmasını ifade eder.

Tablo 27. Test ve değerlendirme sürecindeki temel kavramlar

Kavram	Temel soru	Uygulama örneği
Test	Hangi görev uygulanıyor?	30 m sprint, CMJ, 1TM, Yo-Yo IR1
Ölçme	Hangi değer elde edildi?	10 m ara zaman = 1.78 s
Değerlendirme	Bu değer ne anlama geliyor?	Önceki ölçüme göre 0.04 s iyileşme
İzleme	Değer zaman içinde nasıl değişiyor?	Haftalık CMJ ve aylık sprint eğilimi
Profil oluşturma	Farklı nitelikler birlikte nasıl görünüyor?	Sürat-kuvvet-güç-dayanıklılık profili
Karar	Elde edilen kanıt programı nasıl değiştiriyor?	Hızlanma hacmini koruma, eksantrik kuvveti artırma

7.1.1. Test Uygulamasının Amaçları

Test seçimi her zaman açık bir karar sorusuyla başlamalıdır. “Sporcunun aerobik kapasitesi nedir?” ile “üç gün arayla oynanan maçlarda yüksek şiddetli koşu kapasitesi nasıl korunuyor?” aynı soru değildir ve aynı testle yanıtlanmayabilir. İlk soru için laboratuvar tipi kademeli egzersiz testi uygun olabilirken, ikinci soru için takım sporuna özgü aralıklı saha testi ve maç içi dış yük verilerinin birlikte değerlendirilmesi daha yararlı olabilir.

Başlangıç profili oluşturma ve bireysel gereksinimleri belirleme.

Antrenman yükü ve yoğunluk bölgelerini planlama.

Antrenman programının etkisini ve zamanlamasını izleme.

Seçim, yetenek gelişimi veya pozisyona uygunluk süreçlerini destekleme.

Yaralanma sonrası spora dönüş ölçütlerini diğer klinik kanıtlarla birlikte değerlendirme.

Sporcuya anlaşılır geri bildirim sağlama ve hedef belirleme.

Araştırma veya kalite geliştirme çalışmalarında standart sonuç değişkenleri üretme.

Test sonuçları hiçbir zaman tek başına tanı koymak veya kesin neden-sonuç ilişkisi kurmak için kullanılmamalıdır. Düşük bir sıçrama skoru yorgunlukla ilişkili olabileceği gibi teknik strateji, motivasyon, ağrı, önceki yük, uyku veya ölçüm hatasından da kaynaklanabilir. Bu nedenle sonuçlar; antrenman yükü, öznel iyilik hali, sağlık durumu, antrenör gözlemi ve mümkünse birden fazla performans göstergesiyle birlikte ele alınmalıdır. (Gathercole vd., 2015; Claudino vd., 2017).

7.1.2. Etik, Güvenlik ve Veri Sorumluluğu

Performans değerlendirmesi, ölçüm kalitesi kadar sporcu güvenliği ve veri etiği açısından da planlanmalıdır. Testin amacı, olası riskleri, verinin kimlerle paylaşılacağı ve sonuçların hangi kararlar için kullanılacağı sporcuya açıklanmalıdır. Sağlık taraması, kontrendikasyonlar, acil durum planı, veri erişim yetkileri ve saklama süresi önceden belirlenmelidir. Özellikle çocuk ve ergenlerde sonuçların damgalayıcı etiketlere dönüştürülmemesi, biyolojik olgunlaşma ve öğrenme fırsatları dikkate alınarak gelişim odaklı yorum yapılması gerekir.

7.1.3. Ölçüm Kalitesi: Geçerlik, Güvenirlik ve Duyarlılık

Bir test pratik, hızlı ve popüler olabilir; ancak bu özellikler tek başına bilimsel yeterlilik sağlamaz. Ölçüm kalitesi; testin hedef özelliği temsil etmesi, tekrarlı ölçümlerde tutarlı sonuç vermesi, küçük fakat anlamlı değişimleri fark edebilmesi ve uygulama koşullarında sürdürülebilir olmasıyla oluşur. Bu boyutlardan biri zayıf olduğunda, sonuçların karar değeri de sınırlanır. (Currell ve Jeukendrup, 2008; Atkinson ve Nevill, 1998).

Bir Performans Testinin Ölçüm Kalitesi



Şekil 22. Performans testlerinde ölçüm kalitesinin temel boyutları
Yazar tarafından hazırlanmıştır.

7.1.3.1. Geçerlik

Geçerlik, bir test sonucundan yapılacak yorumların ve kullanım amaçlarının ne ölçüde savunulabilir olduğunu ifade eder. Güncel yaklaşımda geçerlik, testin değişmez bir etiketi değil; belirli bir örneklem, koşul ve karar amacı için biriken kanıtların bütünüdür. Bir test elit futbolcularda tekrarlı yüksek şiddetli koşu kapasitesini değerlendirmek için yararlı olabilirken, aynı test dayanıklılık koşucularının yarış performansını açıklamak için sınırlı kalabilir.

Tablo 28. Performans testlerinde başlıca geçerlik kanıtları

Geçerlik boyutu	Açıklama	Örnek soru
İçerik/yüzey	Test görevi, hedef özelliğin önemli bileşenlerini temsil eder.	Test hareket örüntüsü, enerji sistemi ve karar talepleri bakımından sporla örtüşüyor mu?
Ölçüt bağlantılı	Test, güvenilir bir referans ölçüm veya gerçek performans ölçütüyle ilişkilidir.	Saha testinin doğrudan ölçülen VO ₂ ile uyumu nedir?
Eşzamanlı	Test ve referans ölçüt aynı dönemde karşılaştırılır.	Taşınabilir cihaz, laboratuvar analizörüyle aynı örneklerde ne kadar uyumlu?
Öngörücü	Test gelecekteki performans veya sonuçla ilişkilidir.	Test skoru sezon performansını ne ölçüde öngörüyor?
Yapı	Test, kuramsal olarak ilişkili değişkenler ve gruplar arasında beklenen örüntüyü gösterir.	Elit ve alt düzey sporcuları ayırt ediyor mu?
Ekolojik	Test ortamı ve görevi gerçek spor bağlamına yakındır.	Sporcunun gerçek oyundaki algı-karar-hareket bütünlüğünü yansıtıyor mu?

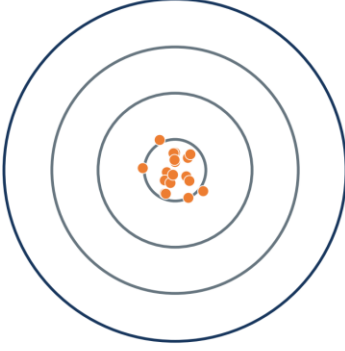
Yüksek korelasyon, iki yöntemin birbirinin yerine kullanılabileceğini tek başına kanıtlamaz. Korelasyon, birlikte değişimi gösterir; sistematik farkı veya bireysel düzeydeki uyumu göstermez. Cihaz veya yöntem karşılaştırmalarında ortalama fark, uyum sınırları, orantılı yanlılık ve klinik/uygulamalı kabul sınırları ayrıca incelenmelidir. (Bland ve Altman, 1986, 1999; Bruno vd., 2026).

7.1.3.2. Güvenirlik ve Uyum

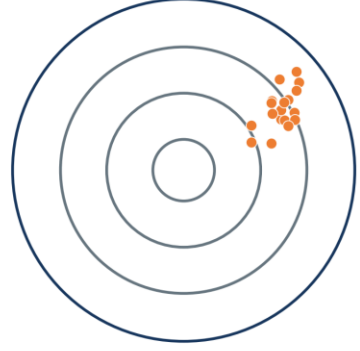
Güvenirlik, aynı bireylerde benzer koşullarda tekrarlanan ölçümlerin ne ölçüde tutarlı olduğunu gösterir. Bunun iki tamamlayıcı yönü vardır. Görelî güvenilirlik, sporcuların grup içindeki sıralamasının tekrarlı ölçümlerde korunup korunmadığını; mutlak güvenilirlik ise tek bir sporcunun skorunda beklenen tipik dalgalanmanın büyüklüğünü açıklar. Bu nedenle yalnızca ICC raporlamak yeterli değildir; CV, tipik hata, SEM veya uyum sınırları gibi mutlak hata ölçüleri de sunulmalıdır. (Hopkins, 2000; Weir, 2005; Koo ve Li, 2016).

Geçerlik ve Güvenirlik Aynı Şey Değildir

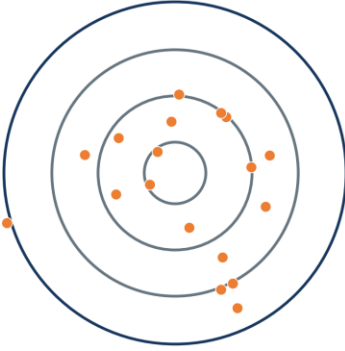
Geçerli ve güvenilir



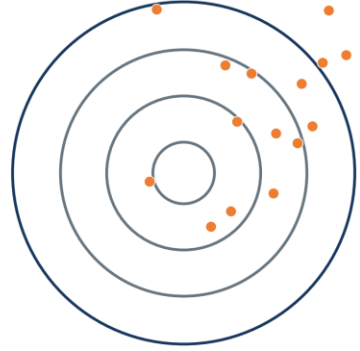
Güvenilir fakat geçersiz



Geçerli fakat düşük güvenilirlik



Ne geçerli ne güvenilir



Merkeze yakınlık geçerliği, ölçümlerin birbirine yakınlığı güvenirliliği temsil eder.

*Şekil 23. Geçerlik ile güvenirlilik arasındaki ilişki
Yazar tarafından kavramsal gösterim amacıyla hazırlanmıştır.*

Tablo 29. Güvenirlilik türleri ve uygulama karşılıkları

Tür	Ne değerlendirir?	Örnek
Test-tekrar test	Aynı testin farklı günlerdeki kararlılığı	CMJ yüksekliğinin 7 gün arayla tekrarı
Deneme içi	Aynı oturumdaki tekrarlı denemelerin tutarlılığı	Üç sprint denemesinin değişkenliği
Değerlendirici içi	Aynı değerlendiricinin tekrar ölçümleri	Aynı kişinin skinfold ölçümleri
Değerlendiriciler arası	Farklı değerlendiricilerin ölçümleri	İki analistin video temelli eklem açısı ölçümü
Cihazlar arası	Aynı veya farklı model cihazlar arasındaki uyum	İki fotocell ünitesinin karşılaştırılması
Mutlak uyum	Skorların sayısal olarak ne kadar yakın olduğu	Ortalama fark ve %95 uyum sınırları

7.1.4. Duyarlılık, Yanıt Verebilirlik ve Uygulanabilirlik

Duyarlılık, bir ölçümün sporcuda meydana gelen küçük fakat karar açısından önemli değişimleri algılama kapasitesidir. Güvenirliliği düşük olan bir testte hata büyük olduğundan gerçek değişimi ayırt etmek zordur. Öte yandan çok güvenilir bir değişken de antrenmana veya yorgunluğa yeterince yanıt vermeyebilir. Bu nedenle izleme amacıyla seçilen göstergelerde hem hata büyüklüğü hem de beklenen biyolojik sinyal birlikte değerlendirilmelidir.

Uygulanabilirlik; testin süresi, maliyeti, ekipman gereksinimi, personel eğitimi, sporcuda oluşturduğu yorgunluk, güvenlik, saha erişimi ve veri işleme yükünü kapsar. Laboratuvar testi daha ayrıntılı bilgi sağlayabilir; ancak sık tekrar edilemiyorsa günlük izleme için uygun olmayabilir. Tersine, kısa bir saha testi çok uygulanabilir olsa bile hedef niteliği yeterince temsil etmiyorsa karar değeri sınırlı kalır. İyi bir test bataryası, bilimsel kalite ile operasyonel sürdürülebilirliği dengeler.

7.1.5. Ölçüm Hatası ve Temel İstatistiksel Göstergeler

Her ölçüm, hedef performansın yanında teknik ve biyolojik değişkenlik içerir. Ölçüm hatasını yok etmek mümkün değildir; ancak standardizasyonla azaltmak ve uygun istatistiklerle nicelleştirmek mümkündür. İzleme sisteminin temel görevi, gözlenen değişimin ne kadarının gerçek performans değişimi, ne kadarının sistematik yanlılık veya rastgele dalgalanma olabileceğini açıklamaktır. (Atkinson ve Nevill, 1998; Hopkins, 2000).

Gözlenen Skorun Bileşenleri



Amaç: yanlılığı azaltmak, rastgele hatayı nicelleştirmek ve gerçek değişimi doğru yorumlamak.

Standardizasyon + familiarizasyon + uygun istatistik = güvenilir karar

Şekil 24. Gözlenen performans skorunun kavramsal bileşenleri

Yazar tarafından hazırlanmıştır.

7.1.6. Sistematik Yanlılık ve Rastgele Hata

Sistematik yanlılık, tekrarlı ölçümlerde sonuçların belirli bir yönde değişmesidir. İlk testte görevi öğrenme, ikinci testte daha iyi tempo dağıtma, cihazın kalibrasyon kayması, değerlendiricinin ölçüm tekniğinin değişmesi veya önceki antrenmandan kalan yorgunluk sistematik fark oluşturabilir. Rastgele hata ise yönü önceden kestirilemeyen günlük biyolojik dalgalanma, motivasyon, küçük teknik farklılıklar, çevresel koşullar ve cihaz gürültüsü gibi etkenlerden oluşur.

Tablo 30. Yaygın hata kaynakları ve kontrol stratejileri

Hata kaynağı	Olası etkisi	Kontrol stratejisi
Familiarizasyon eksikliği	Öğrenme etkisi, ilk skorda yapay düşüklük	Ayrı prova oturumu veya yeterli uygulama denemesi
Önceki antrenman yükü	Yorgunluk ve glikojen durumu değişir	Önceki 24–72 saatlik yükü standartlaştırma ve kaydetme
Günün saati	Sirkadiyen ve sıcaklık etkileri	Tekrarlı testleri benzer saatte uygulama
Beslenme ve hidrasyon	Vücut kütlesi, dayanıklılık ve bilişsel performans etkilenir	Ön test beslenme/hidrasyon protokolü
Ekipman/firmware	Algoritma veya kalibrasyon farkı	Aynı model/ünite, sürüm ve kalibrasyon kaydı
Başlangıç tekniği	Sprint ve sıçrama sonuçları değişir	Duruş, komut, kapı mesafesi ve el pozisyonunu sabitleme
Yüzey ve ayakkabı	Tutuş ve mekanik performans değişir	Aynı yüzey ve benzer ayakkabı koşulu
Değerlendirici	Talimat, ölçüm ve veri seçimi farklılaşır	Eğitim, yazılı protokol ve kör/bağımsız kalite kontrol

7.1.7. Göreli Güvenirlik: ICC

Sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC), bireyler arası farklılığın toplam değişkenlik içindeki payını ifade eden göreli bir güvenirlilik göstergesidir. ICC modeli; değerlendiricilerin sabit veya rastgele seçilmesi, tek ölçüm ya da ortalama ölçüm kullanılması ve tutarlılık ya da mutlak uyumun hedeflenmesine göre değişir. Bu nedenle “ $ICC = 0.90$ ” ifadesi model, güven aralığı ve analiz birimi belirtilmeden eksiktir. Heterojen bir grupta bireyler arası farklar büyük olduğunda ICC yüksek çıkabilir; buna karşın mutlak hata uygulama açısından kabul edilemeyecek kadar büyük olabilir. (Koo ve Li, 2016; Weir, 2005).

7.1.8. Mutlak Güvenirlik: Tipik Hata, CV, SEM ve MDC

Tipik hata, aynı sporcunun tekrarlı ölçümlerindeki beklenen standart dalgalanmayı gösterir. Birimle ifade edilebildiği gibi, oran ölçekli verilerde ortalamaya göre yüzde olarak CV biçiminde de sunulabilir. SEM, ölçümün puan birimindeki belirsizliğini; minimal detectable change (MDC) ise belirli bir güven düzeyinde rastgele hatayı aşması beklenen en küçük değişimi ifade eder. MDC, “antrenör için önemli olan en küçük değişim” ile aynı değildir; ilki ölçüm hatasına, ikincisi performans hedeflerine dayanır.

Yüzde değişim: $\Delta\% = [(\text{Son test} - \text{İlk test}) / \text{İlk test}] \times 100$

Varyasyon katsayısı: $CV\% = (\text{Standart sapma} / \text{Ortalama}) \times 100$

Tipik hata: $TE = SD(\text{farklar}) / \sqrt{2}$

Standart ölçüm hatası: $SEM = SD \times \sqrt{(1 - ICC)}$

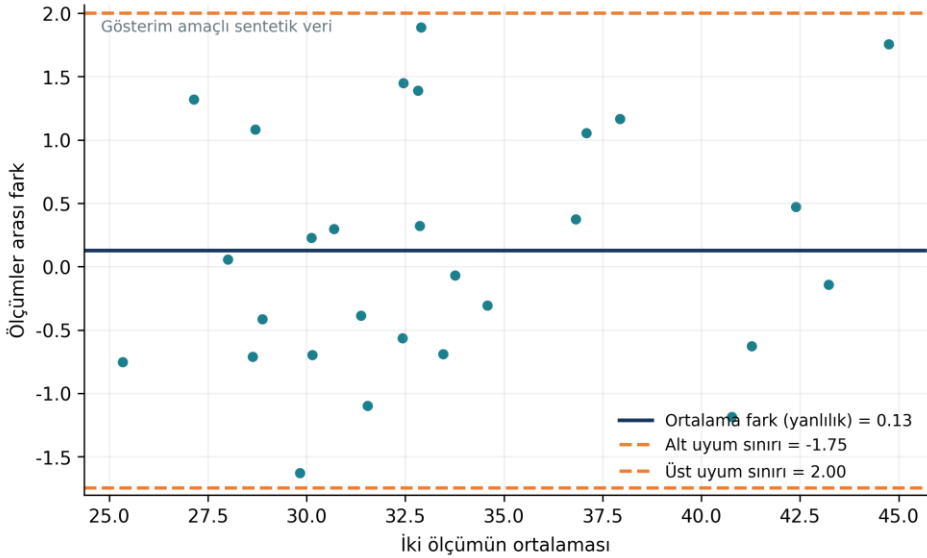
%95 minimal saptanabilir değişim: $MDC_{95} = 1.96 \times \sqrt{2} \times SEM$

Not: Hangi hata göstergesinin kullanılacağı veri yapısına, ölçeğe ve izleme amacına göre belirlenmelidir. CV özellikle performans düzeyi arttıkça hata büyüklüğü de artan oran ölçekli değişkenlerde yararlıdır.

7.1.9. Yöntem Uyumunun Değerlendirilmesi: Bland-Altman Yaklaşımı

İki cihaz veya yöntem karşılaştırılırken yalnızca korelasyon katsayısı raporlamak yanıltıcı olabilir. Bland-Altman yaklaşımında her birey için iki ölçümün ortalaması x eksenine, ölçümler arası fark y eksenine yerleştirilir. Ortalama fark sistematik yanlılığı, ortalama fark ± 1.96 standart sapma ise yaklaşık %95 uyum sınırlarını gösterir. Grafikte hata büyüklüğünün ölçüm düzeyiyle artıp artmadığı, uç değerler ve orantılı yanlılık da incelenir. (Bland ve Altman, 1986, 1999).

Örnek Bland-Altman Uyum Grafiği



Şekil 25. Sentetik verilerle örnek Bland-Altman uyum grafiği

Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Ortalama yanlılık: Bias = Ortalama(Yöntem A – Yöntem B)

%95 uyum sınırları: Bias $\pm$ 1.96 $\times$ SD(farklar)

Not: Uyum sınırlarının kabul edilebilir olup olmadığı, önceden belirlenen performans veya karar toleransına göre değerlendirilmelidir.

7.1.10. En Küçük Anlamlı Değişim ve Karar Mantığı

Bir skor değişimi istatistiksel olarak hatayı aşıya bile uygulama açısından önemsiz olabilir; tersine küçük fakat performans için kritik bir değişim, gürültülü bir testte güvenle saptanamayabilir. Bu nedenle değişim yorumunda üç soru birlikte sorulmalıdır: (1) değişim ölçüm hatasını aşıyor mu, (2) değişim sporun veya sporcunun hedefi açısından önemli mi, (3) aynı yönde destekleyici başka kanıtlar var mı? En küçük anlamlı değişim, uzman görüşü, performans ölçütü, dağılım temelli yaklaşım veya sonuçla bağlantılı eşiklerden üretilebilir.

Tablo 31. Bireysel değişimi yorumlamak için örnek karar matrisi

Gözlenen değişim	Hata sınırı	Uygulamalı anlam	Yorum
Küçük	Aşmıyor	Belirsiz	Değişim, ölçüm gürültüsünden güvenle ayrılamaz.
Büyük	Aşıyor	Düşük	Gerçek değişim olasıdır; ancak karar açısından sınırlı olabilir.
Küçük	Aşıyor	Yüksek	Küçük fakat önemli ve muhtemelen gerçek değişim.
Büyük	Aşıyor	Yüksek	Güçlü ve eyleme dönük değişim kanıtı.
Çelişkili göstergeler	Değişken	Belirsiz	Tekrar ölçüm ve bağlamsal veri gerekir.

7.1.10.1. Uygulamalı Örnek

Bir sporcunun CMJ yüksekliği 34.2 cm'den 35.4 cm'ye yükselmiş olsun. Gözlenen artış 1.2 cm ve yüzde değişim yaklaşık %3.5'tir. Bu test için SEM 0.8 cm ise MDC₉₅ yaklaşık 2.2 cm'dir. Artış olumlu görünmekle birlikte 1.2 cm, %95 güven düzeyinde ölçüm hatasını aşan 2.2 cm sınırının altındadır. Bu nedenle raporda “kesin gelişim” yerine “olumlu eğilim; hata sınırı içinde” ifadesi kullanılmalı, sonraki testte eğilimin sürüp sürmediği ve kuvvet-zaman değişkenleri incelenmelidir.

7.1.11. Test Bataryasının Tasarlanması

Test bataryası, birbiriyle ilgisiz çok sayıda testin aynı güne yerleştirilmesi değildir. Sporun performans modelinden, pozisyon taleplerinden, sporcunun gelişim hedeflerinden ve karar takviminden türetilen seçici bir ölçüm sistemidir. Batarya; yeterli kapsam sunmalı, ancak gereksiz tekrar, yüksek yorgunluk ve veri fazlalığından kaçınmalıdır.

Test Seçim Hunisi



Daha fazla test her zaman daha iyi değildir; yalnızca karar üretmeye katkı veren testler korunmalıdır.

Şekil 26. Test seçimi için karar hunisi

Yazar tarafından hazırlanmıştır.

7.1.12. Gereksinim Analizi

Gereksinim analizi; sporun hareket örüntüsü, çalışma-dinlenme yapısı, enerji sistemi katkıları, kuvvet-hız talepleri, temas ve yaralanma profili, algısal-karar verme yükü ve yarışma takvimini inceler. Takım sporlarında pozisyon, oyun modeli ve müsabaka seviyesi; bireysel sporlarda yarış mesafesi, teknik stil ve performans belirleyicileri dikkate alınır. Test sonucu antrenmanı değiştirmeyecekse veya karar sorusuyla ilişkisi açıklanamıyorsa o test bataryadan çıkarılmalıdır.

7.1.12.1. Test Seçim Ölçütleri

Tablo 32. Test seçiminde kullanılacak kontrol listesi

Ölçüt	Sorulacak soru	Kabul göstergesi
Amaç	Sonuç hangi kararı değiştirecek?	Önceden tanımlanmış karar ve eylem
Özgüllük	Test hedef niteliği ve spor talebini temsil ediyor mu?	Hareket, süre, enerji ve karar talepleriyle uyum
Geçerlik	Yorum için uygun kanıt var mı?	Benzer sporcu ve koşullarda destekleyici çalışma
Güvenirlilik	Beklenen değişim hata büyüklüğünü aşabilir mi?	ICC ile birlikte CV/TE/SEM raporlanmış
Duyarlılık	Antrenman veya yorgunluk değişimine yanıt veriyor mu?	Sinyal-hata ilişkisi kabul edilebilir
Güvenlik	Maksimal test sporcu için uygun mu?	Tarama, teknik yeterlilik, acil plan
Uygulanabilirlik	Süre, personel ve maliyet sürdürülebilir mi?	Planlanan sıklıkta tekrar edilebilir
Yorumlanabilirlik	Referans ve hata sınırı var mı?	Bireysel geçmiş + uygun norm + belirsizlik
Sporcu kabulü	Test, sporcu tarafından anlaşılır ve uygulanabilir mi?	Yüksek katılım, düşük gereksiz yük

7.1.13. Familiarizasyon

Familiarizasyon, sporcunun test görevini öğrenmesini, uygun strateji geliştirmesini ve talimatları standart biçimde uygulamasını sağlar. Özellikle maksimal kuvvet, aralıklı dayanıklılık, Wingate, reaktif çeviklik ve karmaşık teknik testlerde ilk uygulama gerçek kapasiteden çok öğrenme etkisini yansıtabilir. Familiarizasyonun gereksinimi; sporcunun deneyimine, test karmaşıklığına ve ölçümün hassasiyetine göre belirlenmelidir. Bazı deneyimli gruplarda kısa prova yeterli olabilirken, genç veya test-naif sporcularda ayrı oturumlar gerekir. (Grgic vd., 2020).

7.1.14. Standardizasyon

Standardizasyon yalnızca aynı protokolü okumak değildir. Test öncesi ve test sırasındaki tüm değiştirilebilir koşulların kayıt altına alınması ve mümkün olduğunca sabitlenmesidir. Test zamanı, önceki antrenman, uyku, beslenme, hidrasyon, kafein, ağrı, kullanılan ayakkabı, yüzey, ortam sıcaklığı, ısınma, dinlenme aralıkları, sözel teşvik, deneme sayısı ve veri seçme kuralı protokolde yer almalıdır. Seri ölçümlerde aynı cihaz modeli ve mümkünse aynı fiziksel ünite kullanılmalıdır.

7.1.15. Test Günü Sıralaması

Testler birbirini etkileyebileceği için sıralama, sonuç kalitesinin önemli bir parçasıdır. Genel ilke; öğrenme, koordinasyon, hız ve güç gerektiren kısa testlerin, yüksek metabolik veya nöromusküler yorgunluk oluşturan testlerden önce yapılmasıdır. Antropometri ve dinlenme ölçümleri başta; maksimal aerobik, tekrarlı sprint veya Wingate gibi yorgunluk yaratan testler sonda uygulanır. Aynı gün çok sayıda maksimal test gerekiyorsa oturumların bölünmesi daha doğru olabilir.

Örnek Test Günü Sıralaması



Yüksek beceri ve hız gerektiren testler yorgunluk oluşturan testlerden önce uygulanır.

*Şekil 27. Örnek bir test gününde önerilen sıralama
Yazar tarafından hazırlanmıştır.*

7.2. Başlıca Performans Testleri

Aşağıdaki test sınıfları, yaygın kullanım alanlarını ve temel yorum ilkelerini özetlemektedir. Bir testin ismi tek başına yeterli değildir; protokol sürümü, başlangıç hızı, mesafe, dinlenme, sonlandırma kriteri, ekipman, veri işleme yöntemi ve sonuç değişkeni açıkça tanımlanmalıdır.

Tablo 33. Performans alanlarına göre örnek test menüsü

Alan	Laboratuvar/ileri ölçüm	Saha ölçümü	Başlıca çıktı
Vücut kompozisyonu	DXA, hava deplasman pletismografisi	Antropometri, BIA	Yağ, yağsız kütle, bölgesel dağılım
Aerobik kapasite	Kademeli CPET, gaz analizi	20 m mekik, Yo-Yo IR, 30-15 IFT, zaman denemesi	VO ₂ , son hız/güç, mesafe, eşikler
Anaerobik kapasite	Wingate, kuvvet platformlu sprint	RAST, tekrarlı sprint testi	Tepe/ortalama güç, düşüş, toplam süre
Maksimal kuvvet	İzokinetik dinamometri, IMTP	1TM, el kavrama, sabit dinamometre	Tepe kuvvet, tork, relatif kuvvet
Patlayıcı güç	Kuvvet platformu CMJ/SJ/DJ	Sıçrama matı, temas platformu, sağlık topu atışı	Yükseklik, güç, impuls, RSI
Sürat	Radar, yüksek hızlı video	Fotocell 5–40 m, uçan sprint	Ara zaman, maksimum hız
Yön değiştirme/çeviklik	3B hareket analizi	505, T-test, planlı ve reaktif çeviklik	Toplam süre, COD deficit, karar zamanı
Hareketlilik	Dinamometre/gonyometre	Sit-and-reach, ankle lunge, ROM testleri	Eklem hareket açıklığı
Spora özgü performans	Simülâtör ve sensör entegrasyonu	Teknik-beceri testi, yarış/maç verisi	Başarı, doğruluk, hız, iş yükü

7.2.1. Antropometri ve Vücut Kompozisyonu

Vücut kütlesi, boy uzunluğu, çevreler, deri kıvrımları ve vücut kompozisyonu; sağlık, relatif güç, enerji gereksinimi, büyüme ve spor dalına özgü profil açısından yararlı olabilir. Ancak farklı yöntemler aynı biyolojik bileşeni farklı varsayımlarla tahmin eder. BIA; hidrasyon, glikojen, öğün, egzersiz ve çevre koşullarından etkilenebilir. Antropometrik denklemler geliştirildikleri popülasyona özgüdür ve sporcular arasında gelişigüzel değiştirilemez. Seri izlemde aynı yöntem, aynı cihaz ve aynı pre-test koşulları korunmalıdır. (Serafini vd., 2025).

- Vücut kütlesi ve boy birlikte raporlanmalı; yalnızca BMI performans veya kompozisyon yorumu için yeterli görülmemelidir.
- Deri kıvrımı ölçümlerinde değerlendirici eğitimi ve teknik ölçüm hatası izlenmelidir.
- BIA ölçümleri benzer hidrasyon, açlık, mesane ve önceki egzersiz koşullarında tekrarlanmalıdır.
- DXA sonuçları cihaz, yazılım sürümü, tarama modu ve pozisyonlama ile birlikte raporlanmalıdır.
- Çocuk ve ergenlerde büyüme ve biyolojik olgunlaşma, kısa dönem değişimin yorumuna dahil edilmelidir.

7.2.2. Aerobik Kapasite ve Dayanıklılık Testleri

Laboratuvar tipi kardiyopulmoner egzersiz testi, solunum gazları, kalp hızı, güç/hız, ventilatuvar yanıtlar ve algılanan zorluk hakkında ayrıntılı bilgi sağlar. Protokolün basamak veya rampa yapısı, ergometre türü, kalibrasyon ve maksimal eforun doğrulanma yöntemi raporlanmalıdır. $VO_2\text{max}$ ile $VO_2\text{peak}$ ayrımı konusunda literatürde tartışma bulunduğundan, kullanılan terminoloji ve doğrulama ölçütleri açıkça belirtilmelidir. Sabit iş yüküyle doğrulama evresi bazı örneklemelerde maksimal oksijen tüketiminin teyidinde katkı sağlayabilir. (Poole ve Jones, 2017).

Saha testleri daha fazla sporcuya aynı anda uygulanabilir ve sporun hareket yapısına yaklaşabilir. 20 m çok aşamalı mekik koşusu sürekli artan mekik koşusunu; Yo-Yo aralıklı toparlanma testleri tekrarlı yüksek şiddetli koşu ve kısa toparlanmayı; 30-15 IFT ise 30 saniye koşu ve 15 saniye toparlanma yapısını kullanır. Bu testlerin birbirinin eşdeğeri olmadığı, her birinin farklı fizyolojik ve mekanik talepler içerdiği unutulmamalıdır. (Léger vd., 1988; Bangsbo vd., 2008; Grgic vd., 2021).

Tablo 34. Aerobik ve aralıklı saha testlerinin karşılaştırılması

Test	Öne çıkan özellik	Uygun kullanım	Temel sınırlılık
Kademeli CPET	Doğrudan gaz analizi ve çoklu fizyolojik çıktı	Ayrıntılı profil, klinik/elit laboratuvar değerlendirmesi	Maliyet, uzmanlık ve laboratuvar özgüllüğü
20 m mekik koşusu	Sürekli artan hız, çoklu sporcu	Genel kardiyorespiratuvar uygunluk ve toplu tarama	Dönüş becerisi ve motivasyon etkisi
Yo-Yo IR1/IR2	Aralıklı koşu ve aktif toparlanma	Takım sporlarında tekrarlı yüksek şiddet kapasitesi	Seviye ve protokol seçimi kritik
30-15 IFT	30 s koşu/15 s toparlanma, yön değişimi	Aralıklı koşu antrenman hızının belirlenmesi	Mekanik dönüş yükü ve protokol özgüllüğü
Spora özgü zaman denemesi	Gerçek performansla yakın görev	Koşu, yüzme, bisiklet, kürek gibi branşlar	Pacing, çevre ve ekipman koşulları

7.2.3. Anaerobik Kapasite ve Tekrarlı Sprint Yeteneği

Wingate testi, genellikle 30 saniyelik maksimal bisiklet eforunda tepe güç, ortalama güç ve güç düşüşünü değerlendirir. Protokolde direnç katsayısı, başlangıç yöntemi, pedal frekansı, sözel teşvik ve veri örnekleme aralığı sonuçları etkiler. Koşu anaerobik sprint testi (RAST) ve tekrarlı sprint testleri saha uygulamalarında kullanılabilir; ancak toplam mesafe, sprint sayısı, yön değiştirme, dinlenme süresi ve başlangıç yöntemi sporun talebine göre seçilmelidir. (Bar-Or, 1987; Zagatto vd., 2009).

Tekrarlı sprint yeteneği yalnızca “anaerobik kapasite” değildir. Tek sprint performansı, fosfokreatin yeniden sentezi, aerobik kapasite, metabolit yönetimi, nöromusküler yorgunluk, teknik ve motivasyon birlikte rol oynar. Bu nedenle en iyi sprint, toplam süre, ortalama süre ve performans düşüşü ayrı ayrı raporlanmalı; yalnızca yüzde düşüşe dayanarak karar verilmemelidir. (Girard vd., 2011).

7.2.4. Maksimal Kuvvet ve Kuvvette Devamlılık

Bir tekrar maksimum (1TM), belirli bir egzersizde doğru teknikle bir kez kaldırılabilen en yüksek yükü değerlendirir. Sistemik derleme bulguları, uygun protokollerle 1TM testinin çoğu durumda iyi ile mükemmel test-tekrar test güvenilirliği gösterebildiğini bildirmektedir. Bununla birlikte hareket seçimi, serbest ağırlık veya makine kullanımı, derinlik standardı, tempo, ısınma, yük artışları, dinlenme ve test deneyimi raporlanmalıdır. (Grgic vd., 2020).

İzometrik orta uyluk çekişi (IMTP), kısa sürede yüksek kuvvet üretme kapasitesini kuvvet-zaman eğrisi üzerinden değerlendirir. Tepe kuvvet genellikle daha güvenilirken, erken zaman noktalarındaki kuvvet ve kuvvet gelişim hızı; başlangıç kuvveti, örnekleme, filtreleme ve başlangıç eşiği gibi analiz kararlarına daha duyarlıdır. Bu nedenle “aynı test” adı altında farklı analiz yöntemlerinin karşılaştırılması sakıncalıdır. (Brady vd., 2020).

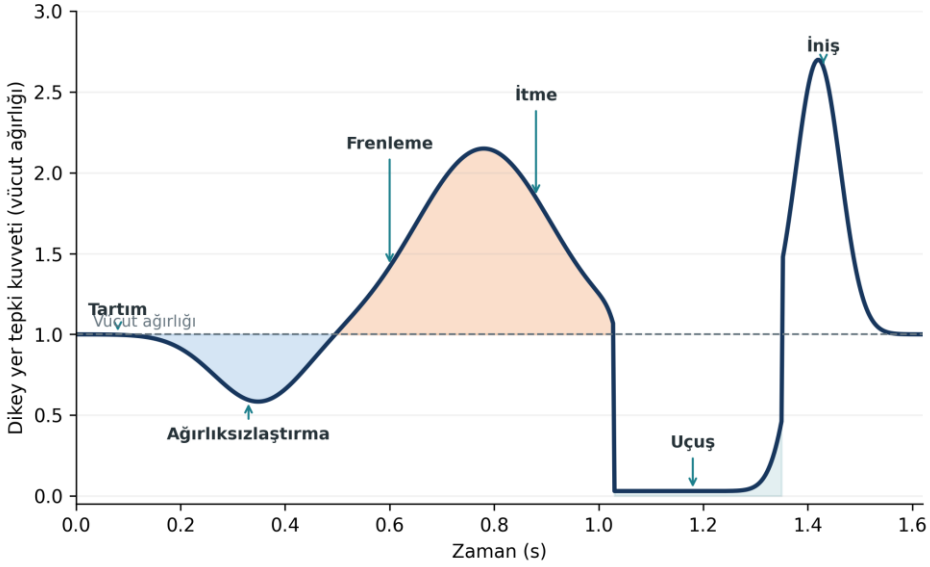
Tablo 35. Kuvvet testlerinin seçimi ve raporlanması

Test	Başlıca çıktı	Standardizasyon noktaları	Yorum
1TM	Maksimal dinamik yük	Hareket açıklığı, teknik, yük artışı, dinlenme	Mutlak ve relatif kuvvet birlikte
IMTP/izometrik squat	Tepe kuvvet, impuls, zaman özgü kuvvet	Pozisyon açıları, ön gerilim, eşik, örnekleme	Tepe kuvvet daha kararlı; erken RFD dikkatli
İzokinetik dinamometri	Eklem torku ve açı özgü profil	Hız, yerleşim, hizalama, yerçekimi düzeltilmesi	Cihaz ve protokole özgü norm
El kavrama	Genel kavrama kuvveti	Kol/dirsek pozisyonu, sap ayarı, baskın taraf	Spora özgü yorum sınırlı olabilir
Tekrar maksimumu	Belirli yükte kuvvette devamlılık	Yük yüzdesi, tempo, başarısızlık ölçütü	Motivasyon ve tempo etkisi yüksek

7.2.5. Patlayıcı Güç ve Sıçrama Testleri

Karşı hareketli sıçrama (CMJ), squat jump (SJ) ve drop jump (DJ), alt ekstremitte nöromüsküler performansını değerlendirmede yaygın testlerdir. CMJ yüksekliği pratik ve anlaşılır olsa da, aynı sıçrama yüksekliği farklı kuvvet-zaman stratejileriyle üretilebilir. Kuvvet platformu; eksantrik ve konsantrik faz süresi, impuls, tepe kuvvet, tepe güç, kalkış hızı ve strateji değişimleri hakkında daha ayrıntılı bilgi sağlar. Değişken sayısı arttıkça yorum hatası ve rastlantısal bulgu riski de artacağından, önceden belirlenmiş çekirdek göstergeler kullanılmalıdır. (Sole vd., 2018; Claudino vd., 2017).

Karşı Hareketli Sıçramada Kuvvet-Zaman Eğrisi



Şekil 28. Karşı hareketli sıçramada örnek kuvvet-zaman eğrisi ve temel fazlar
Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Sıçrama yüksekliği; kuvvet platformunda impuls-momentum yöntemi, uçuş süresi veya video temelli yöntemlerle tahmin edilebilir. Bu yöntemler aynı sonucu üretmeyebilir ve özellikle dizleri havada bükme ya da iniş pozisyonu uçuş süresine dayalı hesapları etkileyebilir. İzlemde aynı yöntem ve algoritma korunmalı, cihazlar birbirinin yerine kullanılmadan önce uyum kanıtı incelenmelidir.

7.2.6. Sürat Testleri

Sürat testlerinde ölçüm düzeninin küçük ayrıntıları büyük sonuç farkları oluşturabilir. Başlangıç çizgisi ile ilk fotocell arasındaki mesafe, üç nokta veya ayakta başlangıç, tetikleme yüksekliği, tek veya çift ışın, kapı yerleşimi, yüzey, rüzgâr ve ayakkabı raporlanmalıdır. Hızlanma için 5–10 m ara zamanlar; maksimum hız için daha uzun sprintler veya uçan sprint bölümleri kullanılabilir. En iyi deneme ve ortalama deneme farklı bilgi sağlar; veri seçme kuralı önceden belirlenmelidir. (Haugen ve Buchheit, 2016; Multhaupt vd., 2024).

Fococell sistemlerinin geçerlik ve güvenilirliği cihaz mimarisine, ışın sayısına, yerleşime ve test türüne bağlıdır. Yatay sprint zamanlamasında çift ışınlı sistemler bazı koşullarda gövde/kol tetikleme hatasını azaltabilir. Dikey sıçrama gibi farklı hareketlerde aynı cihazın geçerli olduğu varsayılmamalıdır; kullanım amacına özgü kanıt aranmalıdır. (Multhaupt vd., 2024).

7.2.7. Yön Değiştirme ve Çeviklik

Planlı yön değiştirme testlerinde sporcu hareket yönünü önceden bilir; çeviklik testlerinde ise görsel veya spora özgü bir uyarana yanıt olarak algı, karar ve hareket bütünleşir. Bu iki kavram eş anlamlı değildir. 505 testi 180 derecelik dönüş performansını; T-test veya benzeri parkurlar çok yönlü planlı hareketi değerlendirebilir. Reaktif çeviklikte uyarının türü, sunum zamanı, karar seçenekleri ve algısal karmaşıklık testin yapısını belirler. (Sheppard ve Young, 2006; Paul vd., 2016).

Toplam 505 süresi doğrusal sprint kapasitesinden etkilenir. Change-of-direction deficit, yön değiştirme süresinden eşdeğer doğrusal sprint süresinin çıkarılmasıyla yön değiştirme bileşenini daha izole değerlendirmeyi amaçlar. Bununla birlikte yaklaşma hızı, frenleme tekniği, dönüş ayağı ve açı protokolü değiştiğinde sonuçların karşılaştırılabilirliği azalır. (Nimphius vd., 2016).

Sürat ve Yön Değiştirme Testlerinde Ölçüm Düzeni



505 testi: yaklaşma + 180° dönüş + çıkış



Yön değiştirme açısı, yaklaşma hızı, baskın taraf, yüzey ve zamanlama sistemi raporlanmalıdır.

Şekil 29. Sprint ara zamanları ve 505 yön değiştirme testi için örnek ölçüm düzeni
Yazar tarafından hazırlanmıştır

7.2.8. Hareketlilik, Esneklik, Denge ve Koordinasyon

Eklem hareket açıklığı testleri, sporun teknik gereksinimi veya bireysel kısıtlılıkla ilişkili olduğunda anlamlıdır. Sit-and-reach gibi birleşik testler birden fazla eklem ve antropometrik özelliğin etkisini içerir; belirli bir kas veya eklem hakkında doğrudan sonuç çıkarılmamalıdır. Gonyometrik ölçümlerde anatomik referanslar, aktif/pasif yöntem, değerlendirici ve son nokta ölçütü standartlaştırılmalıdır. Denge ve koordinasyon testleri de ayrı bir motorik alan olarak değerlendirilmelidir; performans, yaralanma öyküsü ve yorgunluk bağlamına göre statik, dinamik veya reaktif ölçümler seçilmelidir.

7.3. Spora Özgü Testler ve Müsabaka Performansı

Spora özgü testler teknik beceri, karar verme, hız ve yorgunluğu bir araya getirebilir. Futbolda pas doğruluğu, teniste servis hızı ve isabeti, yüzmede standart mesafe zaman denemesi veya dövüş sporlarında tekrarlı teknik kombinasyon örnek verilebilir. Spora benzerlik arttıkça ekolojik uygunluk yükselirken, kontrol edilemeyen değişkenler ve öğrenme etkisi de artabilir. Testin puanlama sistemi, hedef alanlar, deneme sayısı, savunmacı/uyaran koşulları ve hata tanımı ayrıntılı biçimde raporlanmalıdır.

Müسابaka verisi, testlerin en önemli dış ölçütlerinden biridir; ancak performansın rakip, taktik, görev, skor durumu ve çevre tarafından etkilendiği unutulmamalıdır. GPS koşu mesafesi, yarış zamanı veya teknik istatistikler tek başına fiziksel kapasiteyi temsil etmez. Laboratuvar ve saha testleri, gerçek performans verileriyle birlikte üçgenlenmelidir.

7.4. Performans Değerlendirmesinde Teknoloji

Teknolojik araçlar daha fazla veri üretir; ancak veri miktarı otomatik olarak ölçüm kalitesini artırmaz. Her sistem için sensörün neyi doğrudan ölçtüğü, hangi değişkenlerin algoritmayla türetildiği, örnekleme frekansı, filtreleme, yazılım/firmware sürümü, kalibrasyon, birimler ve veri kaybı yönetimi bilinmelidir. Model veya yazılım güncellendiğinde seri ölçümlerde yapay kırıma oluşabilir.

Tablo 36. Yaygın ölçüm teknolojileri ve kalite kontrol noktaları

Teknoloji	Doğrudan/temel ölçüm	Yaygın türetilmiş çıktı	Kalite kontrol
Kuvvet platformu	Dikey/yatay kuvvet	İmpuls, hız, güç, sıçrama yüksekliği	Örnekleme, sıfırlama, filtre, faz eşikleri
Fotocell	Işın kesilme zamanı	Sprint ve parkur süresi	Kapı yüksekliği, ışın sayısı, başlangıç mesafesi
Lineer pozisyon transdüseri	Yer değiştirme/zaman	Hız ve güç	Kablo hızası, örnekleme, yük, hareket açıklığı
Radar	Cismin/atletin hız değişimi	Tepe hız, hız-zaman profili	Hızalama, görüş hattı, filtreleme
GNSS/GPS/LPS	Konum-zaman	Mesafe, hız, ivmelenme, yük indeksleri	Uydu/geometri, model, örnekleme, saha erişimi
IMU	İvme, açısal hız, manyetik yön	Hareket sayısı, eklem/segment tahmini	Sensör yerleşimi, drift, algoritma doğrulaması
Kalp hızı/HRV	R-R aralığı veya optik nabız	İç yük, toparlanma göstergeleri	Artefakt temizleme, ölçüm pozisyonu, süre
Taşınabilir laktat	Kılcal kan örneği sinyali	Kan laktat konsantrasyonu	Örnek bölgesi, zamanlama, strip/kalibrasyon, sıcaklık
BIA/DXA	Elektriksel empedans / X-ışını attenuasyonu	Vücut bileşenleri	Hidrasyon, pozisyon, cihaz ve yazılım sürümü

7.4.1. Cihaza Özgü Geçerlik ve Güvenirlik

Bir cihaz ailesinin genel olarak “geçerli” kabul edilmesi, her modelin, her yazılım sürümünün ve her ölçüm senaryosunun geçerli olduğu anlamına gelmez. Örneğin fotocell sistemi doğrusal sprint zamanlamasında güçlü performans gösterebilir; ancak sıçrama yüksekliğini uçuş süresiyle hesaplamada farklı hata kaynaklarına sahip olabilir. Aynı şekilde GPS doğruluğu sabit hızda doğrusal koşuda yüksekken, kısa mesafeli hızlanma ve yön değiştirmelerde azalabilir. Bu nedenle literatür değerlendirmesi ürün, model, örnekleme frekansı, algoritma ve görev düzeyinde yapılmalıdır. (Scott vd., 2016; Multhaupt vd., 2024).

7.4.2. Kuvvet Platformları ve Veri İşleme Kararları

Kuvvet platformu ölçümü yüksek örnekleme ve ayrıntılı mekanik analiz sağlayabilir; ancak sonuçlar veri işleme kararlarına duyarlıdır. Tartım periyodu, hareket başlangıcı, kalkış ve iniş eşikleri, filtre tipi, kuvvetin vücut kütlesine göre normalize edilmesi ve en iyi/ortalama denemenin seçimi raporlanmalıdır. Aynı ham veriden farklı yazılım ayarlarıyla farklı sonuçlar üretilebileceği için, seri izlemde analiz hattı sabit tutulmalıdır.

7.4.3. GPS/GNSS, LPS ve Giyilebilir Sensörler

Takım sporlarında GPS/GNSS ve yerel konumlandırma sistemleri dış yükün izlenmesinde yaygınlaşmıştır. Toplam mesafe genellikle daha kararlı bir değişkenken, yüksek hızlı koşu, kısa ivmelenme, yön değişimi ve türetilmiş “yük” indeksleri daha fazla cihaz ve algoritma bağımlılığı gösterebilir. Ünitelerin sporcular arasında sürekli değiştirilmesi, üniteler arası farklılığı biyolojik değişim gibi gösterebilir. Mümkün olduğunda sporcuya aynı ünite atanmalı ve cihazın gökyüzü görüşü, senkronizasyonu ve veri kalitesi kontrol edilmelidir. (Cummins vd., 2013; Scott vd., 2016).

7.4.4. Taşınabilir Laktat Analizörleri

Güncel sistematik değerlendirmeler, taşınabilir kan laktat analizörlerinin çoğunda tekrar ölçüm güvenilirliğinin yüksek olabileceğini; ancak özellikle yüksek konsantrasyonlarda sistematik yanlışlık ve cihazlar arası değiştirilebilirlik sorunları bulunduğunu göstermektedir. Örnekleme bölgesi, egzersiz sonrası zamanlama, strip saklama koşulları, sıcaklık ve kalibrasyon sonuçları etkiler. Bu nedenle eşik ve seri izlem uygulamalarında aynı cihaz ve aynı örnekleme protokolü kullanılmalı; laboratuvar referansı ile eşdeğerlik varsayılmamalıdır. (Bruno vd., 2026).

7.5. Sonuçların Yorumlanması

7.5.1. Referans Yaklaşımları

Test sonucu üç temel referansla yorumlanabilir. Normatif yorum, sporcuyu benzer yaş, cinsiyet, branş, pozisyon ve düzeydeki grupla karşılaştırır. Ölçüt referanslı yorum, önceden tanımlanmış bir performans veya güvenlik ölçütünü kullanır. İpsatif yorum ise sporcuyu kendi geçmişiyle karşılaştırır. Elit sporcu izleminde bireysel geçmiş çoğu zaman genel normdan daha değerlidir; çünkü grup normları protokol, cihaz ve örneklem farklılıkları nedeniyle yanıltıcı olabilir.

Tablo 37. Sonuç yorumlama yaklaşımları

Yaklaşım	Referans	Güçlü yön	Sınırlılık
Normatif	Benzer grubun dağılımı	Pozisyon ve düzey karşılaştırması	Norm protokolü ve örnekleme uygun olmayabilir
Ölçüt referanslı	Önceden belirlenen eşik	Açık karar ve hedef	Eşik her sporcu için aynı anlamı taşımayabilir
İpsatif	Sporcunun kendi geçmişi	Bireysel eğilim ve yanıt	Yeterli başlangıç verisi ve sabit protokol gerekir
Çok kaynaklı	Test + maç + yük + öznel/klinik veri	Bağlamsal ve daha sağlam karar	Veri entegrasyonu ve uzmanlık gerektirir

7.5.2. Mutlak ve Relatif Değerler

Mutlak kuvvet veya güç, dış yükü doğrudan üretme kapasitesini; vücut kütlesine göre relatif değerler ise sporcunun kendi kütlesini hızlandırma veya taşıma kapasitesini yansıtabilir. Basit oran normalizasyonu her zaman boyut etkisini tam olarak gidermez. Gerekli durumlarda allometrik ölçekleme veya regresyon temelli yaklaşımlar kullanılmalı ve seçilen yöntem gerekçelendirilmelidir. Mutlak ve relatif değerlerin birlikte raporlanması çoğu zaman daha açıklayıcıdır. (Jaric, 2002).

7.5.3. Yaş, Cinsiyet ve Biyolojik Olgunlaşma

Çocuk ve ergenlerde performans değişimi yalnızca antrenmanın sonucu değildir; büyüme, nöromusküler gelişim ve biyolojik olgunlaşma da önemli rol oynar. Aynı kronolojik yaştaki iki sporcunun boy, vücut kütlesi, kuvvet ve sürat profili farklı olgunlaşma düzeylerinden etkilenebilir. Cinsiyete özgü gelişim eğrileri, testin güvenilirliği ve duyarlılığı da değişebilir. Güncel veriler, ergen kadın sporcularda dahi IMTP ve sprint ölçümlerinin olgunlaşma düzeyine göre farklı hata ve duyarlılık özellikleri gösterebileceğini vurgulamaktadır. (Salter vd., 2025).

7.5.4. Asimetri Sonuçlarının Dikkatli Yorumlanması

Sağ-sol farkları sık raporlanmakla birlikte, asimetri oranları iki ayrı ölçümün hatasını birleştirdiği için düşük kararlılık gösterebilir. Asimetrimin büyüklüğü kadar yönünün oturumlar arasında değişip değişmediği de önemlidir. Tek bir yüzde eşik üzerinden yaralanma riski veya performans eksikliği tanımlamak uygun değildir. Her iki tarafın ham değerleri, test güvenilirliği, sporcunun geçmişi, görev özgüllüğü ve klinik bağlam birlikte değerlendirilmelidir.

7.5.5. Tek Skordan Çoklu Kanıt

Performans değerlendirmesi, farklı kanıtların aynı yönde olup olmadığını incelemelidir. Örneğin 10 m sprint gelişirken CMJ stratejisi değişmemiş ve maçıdaki yüksek hız eylemleri artmışsa hızlanma kapasitesindeki gelişim daha güçlü biçimde desteklenir. Buna karşılık CMJ düşerken sprint ve öznel iyilik hali değişmiyorsa tek bir ölçümdeki düşüşün teknik veya rastgele hata olasılığı artar. Karar, göstergeler arasında kör bir ortalama almak yerine her göstergenin ölçüm kalitesi ve karar rolüne göre verilmelidir.

7.6. Performans Raporlaması

İyi rapor, sonuç tablosunu yeniden yazmaz; veriyi karar ve eyleme dönüştürür. Raporun hedef kitlesi sporcu, antrenör, performans ekibi, sağlık ekibi veya yönetim olabilir. Her grup için ayrıntı düzeyi değişse de yöntem, belirsizlik ve yorumun şeffaflığı korunmalıdır. Güvenirlik ve uyum çalışmalarında örneklem, protokol, değerlendiriciler, istatistiksel model ve güven aralıklarının açık raporlanması önerilir. (Kottner vd., 2011).

Tablo 38. Bir performans raporunun önerilen bölümleri

Bölüm	İçerik	Örnek
Yönetici özeti	En önemli 3–5 bulgu ve eylem	Hızlanma gelişti; CMJ değişimi hata sınırı içinde
Amaç ve bağlam	Neden, ne zaman, hangi dönemde test edildi?	Hazırlık dönemi 4. hafta izleme
Yöntem	Protokol, cihaz, koşullar, deneme ve veri seçimi	10 m fotocell, üç deneme, en iyi süre
Sonuçlar	Ham değer, değişim, referans, belirsizlik	1.78 s; -0.04 s; TE = 0.02 s
Yorum	Ne biliniyor, ne belirsiz?	Değişim hatayı aşıyor; maç verisiyle uyumlu
Öneri	Somut antrenman ve takip eylemi	Hızlanma korunacak, 4 hafta sonra tekrar test
Ekler	Ayrıntılı tablo, grafik ve protokol	Cihaz sürümü, hava, ısınma, tüm denemeler

7.6.1. Raporlanması Gereken Yöntem Bilgileri

Test tarihi, saati, dönem ve son müsabakaya/antrenmana uzaklık.

Sporcu hazırlığı: uyku, ağrı, önceki yük, beslenme/hidrasyon protokolü.

Isınma, familiarizasyon, talimat, sözel teşvik ve dinlenme aralıkları.

Cihazın marka-modeli, fiziksel ünitesi, örnekleme frekansı, yazılım/firmware ve kalibrasyon.

Deneme sayısı, geçersiz deneme ölçütü ve en iyi/ortalama skor seçimi.

Ham ve türetilmiş değişkenlerin formülleri, filtreleme ve faz eşikleri.

Kullanılan referans veri, hata göstergesi ve güven aralığı.

Veri eksikliği, protokol sapması ve sonuçların sınırlılıkları.

7.6.2. Sayısal Sunum ve Grafikler

Sonuçlarda birim, ondalık basamak ve yön açık olmalıdır. Sprint süresi gibi düşük değerlerin iyi olduğu değişkenlerle sıçrama yüksekliği gibi yüksek değerlerin iyi olduğu değişkenler aynı grafik dilinde ters çevrilmeden sunulursa yorum hatası oluşabilir. Grup raporlarında yalnızca ortalama sütun grafikleri bireysel dağılımı gizleyebilir; nokta grafikleri, eşleştirilmiş değişim çizgileri ve güven aralıkları daha fazla bilgi sağlar. (Weissgerber vd., 2015).

Renkler tek başına anlam taşıyan kod olarak kullanılmamalı; sembol, etiket veya metinle desteklenmelidir. “Yeşil = iyi, kırmızı = kötü” gibi sınıflamalar ancak eşğin kaynağı ve belirsizliği açık olduğunda kullanılmalıdır. Çok sayıda değişkenin aynı radarda gösterilmesi etkileyici görünse de farklı ölçekler ve hata düzeyleri görünmez hale gelebilir. Rapor, az sayıda karar değişkenine odaklanmalı ve ayrıntılı verileri eklerde sunmalıdır.

7.6.3. Değişimin Belirsizlikle Birlikte Sunulması

Bireysel raporda “%4 geliştii” demek yerine “%4 artış; tipik hata %2; değişim muhtemelen gerçek ve uygulama açısından anlamlı” gibi bir yapı daha doğru bilgi verir. Hata sınırı aşılmıyorsa “değişim yok” yerine “ölçüm hatasından güvenle ayrılmadı” ifadesi kullanılmalıdır. Bu dil, hem bilimsel belirsizliği korur hem de gereksiz program değişikliklerini azaltır.

7.6.4. Eyleme Dönük Geri Bildirim

Raporun son bölümü, ölçüm sonucunu antrenman kararına bağlamalıdır. Her öneride hedef, önerilen uygulama, beklenen zaman aralığı ve yeniden test planı belirtilmelidir. Sporcuyla geri bildirim görüşmesi tek yönlü veri sunumu olmamalı; sporcunun algısı, test deneyimi ve hedefleri karara dahil edilmelidir. Özellikle gençlerde karşılaştırmacı sıralamalar yerine bireysel gelişim, süreç hedefleri ve güçlü yönler vurgulanmalıdır.

Örnek Bireysel Performans Raporu

Sporcu: Örnek A | Tarih: 12.08.2026 | Karşılaştırma: sezon başı

Profil (0-100)



Karar notu: Hız ve kuvvet gelişimi doğrulanmıştır. CMJ artışı ölçüm hatasını aşmadığı için “kesin gelişim” olarak raporlanmamıştır. Bir sonraki bloкта hızlanma korunurken sıçrama stratejisi ve eksantrik kapasite izlenecektir.

Şekil 30. Ham değer, değişim, belirsizlik ve eylem notunu birleştiren örnek bireysel rapor
Veriler gösterim amaçlıdır.

7.7. Örnek Test Bataryaları

Aşağıdaki örnekler sabit reçete değildir. Takımın/sporcunun düzeyi, takvim, ekipman, personel ve karar ihtiyacına göre uyarlanmalıdır. Aynı performans alanını gereksiz biçimde tekrar eden testlerden kaçınılmalı; test sıklığı değişkenin değişim hızına ve test yüküne göre belirlenmelidir.

Tablo 39. Farklı spor profilleri için örnek çekirdek bataryalar

Profil	Çekirdek testler	Sıklık	Ana karar
Futbol/takım sporu	Vücut kütlesi, CMJ, 10–30 m sprint, 505, 30-15 IFT veya Yo-Yo IR, spora özgü teknik test	CMJ haftalık; sprint/COD 4–8 hafta; dayanıklılık blok başı/sonu	Hız-güç-dayanıklılık dengesi ve pozisyon gereksinimi
Dayanıklılık sporcusu	Vücut kompozisyonu, kademeli test veya zaman denemesi, eşik/CP, koşu ekonomisi, kuvvet	Zaman denemesi 4–6 hafta; laboratuvar 8–16 hafta	Pacing, eşik, ekonomi ve dayanıklılık programı
Kuvvet-güç sporcusu	1TM veya hız-yük profili, IMTP, CMJ/SJ, sağlık topu atışı, kısa sprint	CMJ/IMTP haftalık-iki haftalık; 1TM blok sonu	Maksimal kuvvet, hız-güç profili ve yorgunluk
Genç sporcu	Boy, kütle, olgunlaşma takibi, temel hareket, sıçrama, 10–20 m sprint, mekik koşusu, koordinasyon	8–12 hafta; büyüme ölçümleri dönemsel	Gelişim, beceri çeşitliliği ve bireysel ilerleme
Spora dönüş	Klinik ölçütler + kuvvet, sıçrama, sprint/COD, spora özgü görev, yük toleransı	Fazlara göre	Kademeli yükleme ve çok ölçütlü hazır oluş

7.7.1. Takım Sporları İçin İki Günlük Test Planı

Tablo 40. Yorgunluğu azaltmak için iki güne bölünmüş örnek plan

Gün	Sıra	İçerik	Not
1	1	Hazırlık kontrolü ve antropometri	Benzer saat, önceki yük kaydı
1	2	Standart ısınma ve CMJ	Üç geçerli deneme, ortalama + en iyi
1	3	10–30 m sprint ve 505	Tam dinlenme, iki taraflı dönüş
1	4	IMTP veya 1TM alt vücut	Teknik yeterlilik ve güvenlik
2	1	Hazırlık kontrolü ve kısa ısınma	Gün 1 ile aynı ön koşullar
2	2	Spora özgü teknik/reaktif çeviklik	Yorgunluk öncesi
2	3	30-15 IFT veya Yo-Yo IR	Metabolik test oturum sonunda
2	4	Soğuma ve geri bildirim	RPE ve test deneyimi kaydı

7.7.2. Test Sıklığının Belirlenmesi

Kısa, düşük yorgunluklu ve güvenilir testler daha sık uygulanabilir; maksimal ve yüksek yorgunluklu testler daha seyrek planlanmalıdır. Sıklık, testin hata düzeyi ve beklenen değişim hızıyla uyumlu olmalıdır. Günlük dalgalanması yüksek bir değişkeni her gün ölçmek çok veri üretebilir ancak karar kalitesini artırmayabilir. Buna karşılık küçük ama hızlı değişen bir hazır oluş göstergesi, haftalık izlemde yararlı olabilir. Her ölçümün veri işleme ve geri bildirim kapasitesiyle eşleşmesi gerekir.

7.8. Örnek Bireysel Değerlendirme ve Raporlama

Aşağıdaki örnek, 20 yaşındaki takım sporu sporcusunun sekiz haftalık antrenman bloğu öncesi ve sonrasındaki sonuçlarını göstermektedir. Değerler eğitim amacıyla oluşturulmuştur. Yorumda yalnızca yüzde değişim değil, testin hata sınırı, sporcunun bireysel geçmişi ve farklı göstergeler arasındaki uyum kullanılmıştır.

Tablo 41. Örnek sporcunun test sonuçları ve karar yorumu

Değişken	Ön test	Son test	Değişim	Hata ölçütü	Karar
10 m sprint	1.82 s	1.78 s	-0.04 s (-%2.2)	TE = 0.02 s	Hata sınırını aşan gelişim
CMJ yüksekliği	34.2 cm	35.4 cm	+1.2 cm (+%3.5)	MDC ₉₅ = 2.2 cm	Olumlu eğilim; kesin değil
IMTP relatif tepe kuvvet	32.9 N·kg ⁻¹	33.8 N·kg ⁻¹	+%2.7	CV = %2.0	Muhtemel küçük gelişim
505 sağ	2.31 s	2.28 s	-0.03 s	TE = 0.025 s	Sınırdaki gelişim
505 sol	2.36 s	2.35 s	-0.01 s	TE = 0.025 s	Hata sınırı içinde
30-15 IFT son hız	18.5 km·s ⁻¹	19.0 km·s ⁻¹	+0.5 km·s ⁻¹	Test basamağı = 0.5	Pratik olarak anlamlı gelişim

Bu profilde hızlanma ve aralıklı dayanıklılık gelişimi daha güçlü kanıtlarla desteklenmektedir. CMJ artışı olumlu olsa da MDC sınırını aşmamaktadır. Sol 505 performansındaki değişim ölçüm hatası içinde kalırken sağ tarafta sınırdaki gelişim görülmektedir. Bu sonuç, tek başına “sol taraf zayıf” tanısı koydurmaz; her iki tarafın ham sprint ve yön değiştirme verileri, teknik video ve sporcunun önceki asimetri örüntüsü incelenmelidir. Antrenman kararında hızlanma korunabilir, eksantrik frenleme ve iki taraflı dönüş becerisi geliştirilebilir; 4–6 hafta sonra aynı protokolle tekrar test planlanabilir.

7.9. Sık Yapılan Hatalar ve Bilimsel Düzeltmeler

Tablo 42. Performans testlerinde sık hatalar ve önerilen düzeltmeler

Hata	Neden sorun?	Düzeltilme
Test amacı tanımlanmadan batarya oluşturmak	Veri karar üretmez, sporcu yükü artar	Her test için karar sorusu ve olası eylem yazılır.
Yalnızca korelasyonla cihaz geçerliliği ilan etmek	Sistematik fark ve bireysel uyum görünmez	Bias, uyum sınırları ve kabul toleransı raporlanır.
Sadece ICC vermek	Mutlak hata bilinmez	ICC ile birlikte CV/TE/SEM ve güven aralığı verilir.
Familiarizasyon yapmamak	Öğrenme etkisi değişim gibi görünür	Prova veya ayrı familiarizasyon oturumu uygulanır.
Test öncesi koşulları kaydetmemek	Uyku, yük ve hidrasyon sonucu karıştırır	Standart kontrol formu kullanılır.
Cihaz/model değiştirmek	Teknolojik fark biyolojik değişim sanılır	Aynı cihaz/ünite ve sürüm korunur; değişim köprü çalışmasıyla yapılır.
En iyi denemeyi sonradan seçmek	Seçim yanlılığı oluşur	Veri seçme kuralı testten önce belirlenir.
Çok sayıda değişkeni eşit ağırlıkta yorumlamak	Rastlantısal bulgu ve çelişki artar	Karar değişkenleri önceden seçilir, ikincil veriler destekleyici kullanılır.
Grup normunu bireysel hedef sanmak	Protokol ve bireysel bağlam göz ardı edilir	Norm, bireysel geçmiş ve spor hedefi birlikte kullanılır.
Hata sınırındaki değişimi kesin gelişim/gerileme saymak	Gereksiz program değişikliği yapılır	Belirsizlik dili ve tekrar ölçüm kullanılır.
Raporu yalnızca sayı tablosu yapmak	Antrenör ve sporcu ne yapacağını anlayamaz	Özet, yorum, öneri ve yeniden test planı eklenir.
Çocuklarda erken olgunlaşmayı yetenekle eşitlemek	Gelişim fırsatları ve seçim adaleti bozulur	Olgunlaşma, büyüme ve bireysel gelişim eğrisi dikkate alınır.

Performans testi, standartlaştırılmış bir görevden sayı üretmenin ötesinde, antrenman kararlarını yöneten bir ölçme sistemidir. İyi bir sistem; açık bir gereksinim analizine dayanır, geçerli ve güvenilir testleri seçer, familiarizasyon ve standardizasyonla hatayı azaltır, kalan hatayı nicelleştirir, sonuçları sporcunun bağlamında yorumlar ve eyleme dönük raporlar.

Geçerlik ve güvenilirlik birbirini tamamlar. Test hedef özelliği temsil etmiyorsa tutarlı ölçüm karar açısından yararsız olabilir; test geçerli bir yapıyı hedeflese bile hata büyükse bireysel değişim güvenle izlenemez. Bu nedenle ICC, CV, tipik hata, SEM, MDC ve uyum sınırları uygun bağlamda birlikte ele alınmalı; korelasyon ile uyum, ölçüm hatası ile uygulamalı anlam birbirine karıştırılmamalıdır.

Test bataryasında “daha fazla veri” yerine “daha iyi karar” ilkesi benimsenmelidir. Laboratuvar ölçümleri, saha testleri, antrenman/müsabaka verileri, sağlık ve öznel göstergeler birbirini tamamlayan kanıtlar olarak kullanılmalıdır. Raporlama; yöntem ayrıntısını, ham sonucu, değişimi, hata sınırını, yorumun belirsizliğini ve somut eylemi aynı yapı içinde sunmalıdır. Böylece performans değerlendirmesi, sporcuya etiket veren bir süreç olmaktan çıkar ve sürekli öğrenme ile program güncelleme için güvenilir bir aracı haline gelir.

Kaynakça

- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26(4), 217–238. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826040-00002>
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine*, 38(1), 37–51. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004>
- Bar-Or, O. (1987). The Wingate anaerobic test: An update on methodology, reliability and validity. *Sports Medicine*, 4(6), 381–394. <https://doi.org/10.2165/00007256-198704060-00001>
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 1(8476), 307–310. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(86\)90837-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90837-8)
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1999). Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical Methods in Medical Research*, 8(2), 135–160. <https://doi.org/10.1177/096228029900800204>
- Brady, C. J., Harrison, A. J., & Comyns, T. M. (2020). A review of the reliability of biomechanical variables produced during the isometric mid-thigh pull and isometric squat and the reporting of normative data. *Sports Biomechanics*, 19(1), 1–25. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1452968>
- Bruno, J., Thapa, R. K., Santos, Â., Montoro-Bombú, R., & Sarmiento, H. (2026). Validity and reliability of portable blood lactate analyzers: A systematic review with COSMIN and GRADE assessment. *Sports Medicine - Open*, 12(1), Article 37. <https://doi.org/10.1186/s40798-026-00979-1>
- Claudino, J. G. O., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: A systematic review. *Sports Medicine*, 43(10), 1025–1042. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0069-2>

- Currell, K., & Jeukendrup, A. E. (2008). Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports Medicine*, 38(4), 297–316. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838040-00003>
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: How valid are they?. *Sports Medicine*, 39(6), 469–490. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00003>
- Gathercole, R., Sporer, B., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. (2015). Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 84–92. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0413>
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability—Part I: Factors contributing to fatigue. *Sports Medicine*, 41(8), 673–694. <https://doi.org/10.2165/11590550-000000000-00000>
- Grgic, J., Lazinica, B., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Test-retest reliability of the one-repetition maximum (1RM) strength assessment: A systematic review. *Sports Medicine - Open*, 6(1), Article 31. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00260-z>
- Grgic, J., Lazinica, B., & Pedisic, Z. (2021). Test-retest reliability of the 30-15 Intermittent Fitness Test: A systematic review. *Journal of Sport and Health Science*, 10(4), 413–418. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.04.010>
- Haugen, T., & Buchheit, M. (2016). Sprint running performance monitoring: Methodological and practical considerations. *Sports Medicine*, 46(5), 641–656. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0446-0>
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30(1), 1–15. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030010-00001>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3–13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Jaric, S. (2002). Muscle strength testing: Use of normalisation for body size. *Sports Medicine*, 32(10), 615–631. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232100-00002>

- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012> (Erratum: 10.1016/j.jcm.2017.10.001)
- Kottner, J., Audigé, L., Brorson, S., Donner, A., Gajewski, B. J., Hróbjartsson, A., Roberts, C., Shoukri, M., & Streiner, D. L. (2011). Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *Journal of Clinical Epidemiology*, 64(1), 96–106. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.03.002>
- Léger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6(2), 93–101. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>
- Multhauptff, W., Fernández-Peña, E., Moreno-Villanueva, A., Soler-López, A., Rico-González, M., Clemente, F. M., Bravo-Cucci, S., & Pino-Ortega, J. (2024). Concurrent-validity and reliability of photocells in sport: A systematic review. *Journal of Human Kinetics*, 92, 53–71. <https://doi.org/10.5114/jhk/174285>
- Nimphius, S., Callaghan, S. J., Spiteri, T., & Lockie, R. G. (2016). Change of direction deficit: A more isolated measure of change of direction performance than total 505 time. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(11), 3024–3032. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001421>
- Paul, D. J., Gabbett, T. J., & Nassis, G. P. (2016). Agility in team sports: Testing, training and factors affecting performance. *Sports Medicine*, 46(3), 421–442. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0428-2>
- Poole, D. C., & Jones, A. M. (2017). Measurement of the maximum oxygen uptake $\dot{V}O_{2\max}$: $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ is no longer acceptable. *Journal of Applied Physiology*, 122(4), 997–1002. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01063.2016>
- Salter, J., Forsdyke, D., Dawson, Z., Rymer, J., Walsh, L., & Mundy, P. (2025). Reliability and sensitivity of using isometric strength and sprint speed measures in adolescent female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 39(4), 418–426. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000005029>
- Scott, M. T. U., Scott, T. J., & Kelly, V. G. (2016). The validity and reliability of global positioning systems in team sport: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1470–1490. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001221>

- Serafini, S., Charrier, D., Izzicupo, P., Esparza-Ros, F., Vaquero-Cristóbal, R., Petri, C., Mecherques-Carini, M., Baglietto, N., Holway, F., Tinsley, G., Paoli, A., & Campa, F. (2025). Anthropometric-based predictive equations developed with multi-component models for estimating body composition in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 125(3), 595–610. <https://doi.org/10.1007/s00421-024-05672-3>
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>
- Sole, C. J., Mizuguchi, S., Sato, K., Moir, G. L., & Stone, M. H. (2018). Phase characteristics of the countermovement jump force-time curve: A comparison of athletes by jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(4), 1155–1165. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001945>
- Tanner, R. K., & Gore, C. J. (Eds.). (2012). *Physiological tests for elite athletes (2nd ed.)*. Human Kinetics.
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 231–240. <https://doi.org/10.1519/15184.1>
- Weissgerber, T. L., Milic, N. M., Winham, S. J., & Garovic, V. D. (2015). Beyond bar and line graphs: Time for a new data presentation paradigm. *PLoS Biology*, 13(4), e1002128. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002128>
- Zagatto, A. M., Beck, W. R., & Gobatto, C. A. (2009). Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1820–1827. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b3df32>

SEKİZİNCİ BÖLÜM

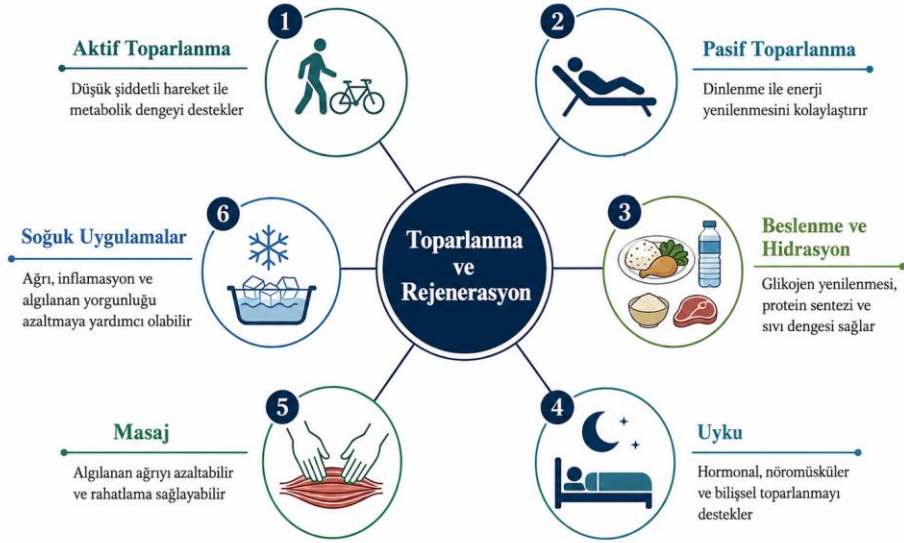
TOPARLANMA VE REJENERASYON

Dr. Öğr. Üyesi Uğur CABA

Toparlanma, antrenman uyarısı sonrasında bozulan fizyolojik ve psikolojik dengenin yeniden kurulmasını, performans kapasitesinin geri kazanılmasını ve bir sonraki yüklenmeye hazırlanmayı kapsayan dinamik bir süreçtir. Rejenerasyon ise bu sürecin hücresel onarım, yeniden sentez, nöromüsküler düzenlenme ve işlevsel yenilenme boyutlarını vurgular. Spor uygulamalarında iki kavram çoğu zaman birlikte kullanılsa da toparlanma yalnızca dinlenmek anlamına gelmez; yüklenme, beslenme, uyku, sıvı dengesi, psikolojik gereksinimler ve seçilen yardımcı yöntemlerin birlikte yönetilmesini gerektirir (Kellmann vd., 2018; Driller ve Leabeater, 2023).

Antrenmanın amacı, sporcuyla her an yorgunluktan tamamen arındırmak değil, planlanan uyarının oluşturduğu yorgunluğu uygun zamanda ve uygun düzeyde çözerek adaptasyonun ortaya çıkmasına izin vermektir. Bu nedenle etkili toparlanma, “en fazla yöntemi uygulamak” yerine sporcunun yüklenme profiline, bir sonraki performans görevinin zamanına, sezonun amacına ve bireysel yanıtı göre en gerekli müdahaleleri seçmeyi ifade eder. Özellikle uyku, yeterli enerji ve besin alımı ile antrenman yükünün doğru planlanması temel belirleyicilerdir; masaj, soğuk uygulama ve benzeri yöntemler bu temel üzerine eklenen, bağlama bağlı araçlardır. Güncel sistematik derlemeler de tek bir yöntemin bütün sporcular ve bütün çıktılar için üstün olmadığını, kararın amaç ve bağlama göre verilmesi gerektiğini göstermektedir (Driller ve Leabeater, 2023; Li vd., 2024; Vatne vd., 2025).

Toparlanma ve Rejenerasyonun Temel Bileşenleri



Şekil 31. Toparlanma ve rejenerasyonun başlıca bileşenleri

Yazar tarafından Kellmann vd.. (2018), Driller ve Leabeater (2023) ile Walsh vd.. (2021) temel alınarak hazırlanmıştır.

8.1. Toparlanma ve Rejenerasyonun Kavramsal Temelleri

8.1.1. Toparlanmanın Tanımı ve Amacı

Toparlanma, egzersiz veya müsabaka nedeniyle geçici olarak azalan performans kapasitesinin zaman içinde yeniden oluşmasıdır. Bu süreç yalnızca metabolitlerin uzaklaştırılması ya da kalp hızının dinlenme düzeyine dönmesiyle sınırlı değildir. Fosfokreatin ve glikojenin yeniden sentezi, sıvı-elektrolit dengesinin sağlanması, kas ve bağ dokusundaki mikrohasarın onarılması, merkezi ve periferik sinir sisteminin düzenlenmesi, bağışıklık-endokrin yanıtların dengelenmesi ve psikolojik yenilenme birbirinden farklı zaman ölçeklerinde ilerler (Kellmann vd., 2018; O'Connor vd., 2022).

Rejenerasyon terimi, özellikle dokuların onarımı ve yenilenmesini çağrıştırmakla birlikte antrenman biliminde daha geniş bir kullanıma sahiptir. Bir "rejenerasyon antrenmanı", çoğu zaman düşük şiddetli hareket, hareketlilik çalışması, solunum ve gevşeme uygulamaları ile dolaşımı korurken ek yük oluşturmamayı amaçlar. Bununla birlikte rejenerasyon, akut bir yaralanmanın tedavisi veya rehabilitasyonunun eş anlamlısı değildir. Yaralanma, şiddetli ağrı, belirgin şişlik,

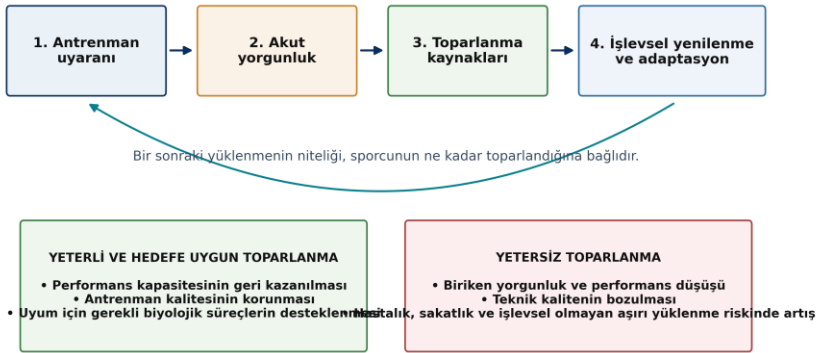
işlev kaybı veya nörolojik bulgular varlığında süreç sağlık profesyonelleri tarafından değerlendirilmelidir.

8.1.2. Homeostaz, Allostaz ve Adaptasyon

Egzersiz, organizmanın iç dengesini geçici olarak bozan planlı bir stresördür. Homeostaz kavramı iç ortamın belirli sınırlar içinde korunmasını, allostaz ise değişen taleplere uyum sağlamak için fizyolojik sistemlerin dinamik biçimde ayarlanmasını ifade eder. Antrenman sonrası toparlanma sırasında enerji depoları yenilenir, hasarlı yapılar onarılır ve egzersiz uyarısına özgü moleküler sinyaller yeni proteinlerin sentezini yönlendirir. Bu süreç yeterli tekrar ve uygun yüklenme ile bir araya geldiğinde performans kapasitesinde adaptasyon ortaya çıkar (Kellmann vd., 2018).

Klasik süperkompansasyon modeli, yüklenme sonrasında performansın önce düşmesi, ardından başlangıç düzeyine ve kısa süreli olarak üzerine çıkması biçiminde açıklanır. Model öğretim açısından yararlı olmakla birlikte tüm sistemlerin aynı hızda toparlanmadığı unutulmamalıdır. Örneğin kalp hızı dakikalar içinde normale yaklaşabilirken, glikojen yenilenmesi saatler, yüksek kas hasarı sonrasında kuvvetin geri kazanılması ise birkaç gün sürebilir. Bu nedenle “doğru zamanda yeni yüklenme” tek bir sabit süreyle değil, hedeflenen özelliğin ve sporcunun bireysel yanıtının izlenmesiyle belirlenmelidir (Halsen, 2014).

Antrenman, Yorgunluk, Toparlanma ve Adaptasyon Döngüsü



Amaç, “yorgunluğu tamamen yok etmek” değil; antrenmanın uyarısını korurken bir sonraki göreve hazır oluşu yönetmektir.

Şekil 32. Antrenman-yorgunluk-toparlanma-adaptasyon döngüsünün kavramsal gösterimi

Yazar tarafından Kellmann vd.. (2018) ve Halsen (2014) temel alınarak hazırlanmıştır.

8.1.3. Toparlanmanın Zaman Boyutu

Toparlanmanın zaman çizgisi, uygulamanın amacını belirler. Tekrarlar arasındaki birkaç saniye veya dakikalık dinlenme, fosfokreatin yenilenmesi ve sinir-kas performansının korunması açısından önemlidir. Aynı gün içinde yapılacak ikinci antrenman için glikojen, sıvı ve besin alımı ön plana çıkar. Müsabakalar arasında 24-72 saat bulunduğu anda uyku, kas ağrısının yönetimi, enerji dengesi ve toplam yük kontrolü birlikte ele alınır. Haftalar ve aylar ölçeğinde ise toparlanma, mikro ve mezosiklusların yapısına; hafifletme haftalarına, müsabaka takvimine ve psikososyal streslere entegre edilir (Driller ve Leabeater, 2023).

Tablo 43. Toparlanmanın başlıca zaman ölçekleri ve antrenman uygulamaları

Zaman ölçeği	Öncelikli süreçler	Başlıca uygulama sorusu	Örnek yaklaşım
Saniye-dakika	Fosfokreatin yenilenmesi, metabolik dengenin kısmi kurulması, sinir-kas çıktısı	Bir sonraki tekrarın kalitesi mi, metabolik yük mü hedefleniyor?	Maksimal güçte uzun/pasif dinlenme; metabolik amaçta daha kısa veya düşük şiddetli aktif aralık.
0-6 saat	Sıvı-elektrolit dengesi, hızlı glikojen yenilenmesi, protein sentezi için amino asit sağlanması	Aynı gün ikinci yüksek öncelikli seans var mı?	Karbonhidrat ve protein içeren öğün, bireysel ter kaybına göre rehidrasyon, kısa uyku fırsatı.
6-24 saat	Uyku, glikojen ve sıvı dengesinin tamamlanması, algılanan ağrı ve psikolojik yenilenme	Ertesi gün performans görevi ne kadar önemli?	Düzenli öğünler, yeterli uyku fırsatı, gerekirse masaj veya hedefli soğuk uygulama.
24-72+ saat	Kas hasarı ve nöromusküler işlevin geri kazanılması, antrenman yükünün yeniden düzenlenmesi	Yorgunluk beklenen seyirde mi, birikiyor mu?	Yük azaltma, düşük şiddetli hareket, uyku ve enerji alımının sürdürülmesi, performans/iyi oluş izlemi.
Hafta-sezon	Toparlanma kapasitesinin geliştirilmesi, işlevsel aşırı yüklenme ile aşırı yük arasındaki denge	Sezonun ana hedefi akut hazır oluş mu, uzun dönem adaptasyon mu?	Toparlanma yöntemlerinin periyodizasyonu, hafifletme günleri/haftaları ve bireysel izlem.

Not. Süreler katı sınırlar değildir. Egzersizin türü, şiddeti, sporcunun antrenman durumu, beslenme, uyku ve çevresel koşullar toparlanma hızını değiştirir.

8.2. Egzersiz Sonrası Yorgunluğun Çok Boyutlu Yapısı

Yorgunluk, belirli bir görevi sürdürme veya istenen kuvvet, hız, güç ve beceri çıktısını üretme kapasitesindeki geçici azalma olarak ele alınabilir. Tek bir nedene bağlı değildir; merkezi sinir sistemi, kas dokusu, enerji metabolizması, kardiyovasküler sistem, termoregülasyon, sıvı dengesi ve psikolojik süreçler eş zamanlı katkı sağlar. Bu nedenle toparlanma stratejisinin seçimi, önce baskın yorgunluk kaynağının ve bir sonraki görevin gereksiniminin anlaşılmasını gerektirir (Halsen, 2014; Kellmann vd., 2018).

8.2.1. Metabolik ve Enerjetik Yorgunluk

Kısa süreli maksimal eforlarda ATP üretim hızının korunması fosfokreatin depolarına bağlıdır. Fosfokreatin yenilenmesi oksidatif metabolizma gerektirdiğinden dinlenme sırasında oksijenlenme ve kan akımı önemlidir; ancak toparlanma çok yüksek şiddetli aktif hareketle sürdürülürse fosfokreatin için gerekli enerji yeniden egzersize harcanabilir. Uzun veya tekrarlı yüksek şiddetli çalışmalar sonrasında kas glikojenindeki azalma da sonraki performansı sınırlandırabilir. Glikojen kaybının büyüklüğü spor dalına, kas liflerine, egzersiz şiddetine ve karbonhidrat kullanılabilirliğine göre değişir (Burke vd., 2011; Kerkick vd., 2017).

8.2.2. Nöromusküler Yorgunluk

Nöromusküler yorgunluk merkezi ve periferik bileşenlerden oluşur. Merkezi bileşenler motor korteks, omurilik ve motor nöronların kası etkinleştirme kapasitesindeki değişimleri; periferik bileşenler ise kas zarının uyarılabilirliği, kalsiyum döngüsü, çapraz-köprü işlevi ve kontraktıl proteinlerin durumunu içerir. Sıçrama yüksekliği, izometrik kuvvet, sprint hızı veya spora özgü beceri testleri bu yorgunluğun pratik göstergeleri olabilir; ancak test seçimi sporcunun branşına ve ölçümün güvenilirliğine uygun olmalıdır (Halsen, 2014).

8.2.3. Kas Hasarı, İnflamasyon ve Gecikmiş Kas Ağrısı

Alışılmamış, yüksek hacimli veya belirgin eksantrik yük içeren egzersiz, kas lifleri ve bağ dokusunda mikro düzeyde bozulma oluşturabilir. Bunu takip eden inflamatuvar yanıt, doku onarımı ve adaptasyon için gerekli olmakla birlikte kuvvet kaybı, sertlik, hareket açıklığında azalma ve gecikmiş kas ağrısı (DOMS) ile birlikte görülebilir. DOMS çoğu zaman egzersizden 24-72 saat sonra belirginleşir; ağrının düzeyi, gerçek doku hasarı veya performans kaybıyla her zaman paralel değildir (Dupuy vd., 2018; O'Connor vd., 2022).

Laktat, birkaç gün süren kas ağrısının nedeni değildir. Kan laktatı egzersiz sonrası genellikle saatler değil dakikalar içinde azalırken DOMS daha geç ortaya çıkar.

Bu nedenle “laktik asidi dağıtmak” ifadesi toparlanma açıklamalarında kullanılmamalıdır. Aktif toparlanma kan laktatının düşüşünü hızlandırabilir; fakat bu durum sonraki performansın otomatik olarak daha iyi olacağı anlamına gelmez (Van Hooren ve Peake, 2018).

8.2.4. Otonom, Termal ve Psikolojik Yorgunluk

Yüksek şiddet, sıcak çevre, dehidrasyon ve uzun süren müsabakalar sempatik aktiviteyi, kalp hızını ve termal yükü artırabilir. Egzersiz bittikten sonra kalp-damar ve otonom sistemlerin dinlenim yönünde yeniden düzenlenmesi zaman alır. Buna ek olarak seyahat, akademik veya mesleki yük, kaygı, takım içi ilişkiler ve müsabaka sonucu gibi etkenler öznel yorgunluğu artırabilir. Fiziksel yük düşük olsa bile psikolojik stres ve yetersiz uyku toparlanmayı olumsuz etkileyebilir; bu nedenle yalnızca antrenman verilerine bakmak yeterli değildir (Kellmann vd., 2018; Walsh vd., 2021).



Şekil 33. Yorgunluğun çok boyutlu yapısı ve izlenebilecek örnek göstergeler
Yazar tarafından Halson (2014) ve Kellmann vd.. (2018) temel alınarak hazırlanmıştır.

8.3. Toparlanmanın İzlenmesi ve Karar Verme

8.3.1. Tek Ölçüm Yerine Çoklu ve Bireysel Yaklaşım

Toparlanma izleminin amacı çok sayıda veri toplamak değil, antrenör ve sporcuya yüklenmenin değiştirilip değiştirilmemesi konusunda anlamlı bilgi sağlamaktır. En yararlı sistemler basit, tekrarlanabilir, düşük maliyetli ve sporcunun günlük rutinine

uyarlanabilir niteliktedir. Bir göstergenin mutlak “iyi-kötü” sınırından çok, sporcunun kendi normal aralığından ne kadar saptığı ve bu sapmanın birkaç gün boyunca sürüp sürmediği önemlidir (Halsen, 2014; Kellmann vd., 2018).

Öznel iyi oluş ölçekleri; uyku kalitesi, yorgunluk, kas ağrısı, stres ve ruh hâlini kısa sürede değerlendirebilir. Bu ölçümler, doğru uygulandığında antrenman yükündeki değişimlere duyarlı olabilir. Bununla birlikte sporcuların yanıtı “doğru cevabı verme” baskısından etkilenebilir. Ölçümlerin cezalandırma amacıyla değil, antrenmanı kişiselleştirmek amacıyla kullanıldığı açıkça anlatılmalıdır.

Objektif değerlendirmeler arasında sabah kalp hızı, kalp hızı değişkenliği (HRV), sıçrama veya izometrik kuvvet, submaksimal egzersizde kalp hızı, hareket açıklığı ve branşa özgü hız/güç testleri bulunur. HRV çevresel koşullar, solunum, ölçüm saati, hastalık, kafein ve psikolojik stres gibi birçok etkene duyarlıdır; tek günlük değerler yerine standart koşullarda toplanan hareketli ortalamalar daha anlamlıdır. Kreatin kinaz, kortizol veya inflamatuvar belirteçler ise bireyler arası yüksek değişkenlik ve maliyet nedeniyle günlük pratikte tek başına karar aracı olarak kullanılmamalıdır (Halsen, 2014).

Tablo 44. Toparlanmanın izlenmesinde kullanılabilecek göstergeler

Alan	Pratik göstergeler	Yorumlama ilkesi	Sınırlılık
Öznel iyi oluş	Uyku kalitesi/süresi, yorgunluk, DOMS, stres, ruh hâli, motivasyon	Aynı kısa ölçek her gün benzer saatte uygulanır; birkaç günlük eğilim incelenir.	Beklenti, iletişim ve sosyal istenirlik yanıtı yanıtı etkileyebilir.
Performans	Sıçrama, sprint, izometrik kuvvet, bar hızı, spora özgü beceri	Güvenilir, kısa ve sporu temsil eden test seçilir; ısınma standardize edilir.	Testin kendisi ek yorgunluk oluşturabilir; öğrenme etkisi vardır.
Kardiyak / otonom	Dinlenik kalp hızı, HRV, submaksimal egzersiz kalp hızı	Bireysel taban değer ve 7 günlük eğilim; ölçüm koşulları sabit tutulur.	Uyku, sıcaklık, solunum, kafein ve psikolojik stres etkiler.
Kas/iskelet	Ağrı haritası, eklem hareket açıklığı, hassasiyet, şişlik	Normal DOMS ile yaralanma belirtisi ayırt edilir; lokal ve işlevsel kayıp ciddiye alınır.	Ağrı subjektiftir; düşük ağrı her zaman tam toparlanma anlamına gelmez.
Biyokimyasal	Kreatin kinaz, üre, kortizol, inflamatuvar belirteçler	Yalnızca uygun bağlam ve tekrarlı ölçümle diğer verileri tamamlar.	Maliyet, invazivlik ve yüksek bireysel değişkenlik.

Not. Bir göstergenin bozulması otomatik olarak antrenmanın iptal edilmesini gerektirmez. Yük, teknik kalite, hastalık belirtileri, yaklaşan müsabaka ve sporcunun geçmiş yanıtı birlikte değerlendirilmelidir.

8.3.2. Trafik Işığı Yaklaşımı

Pratikte göstergeler “yeşil-sarı-kırmızı” biçiminde sınıflandırılabilir. Yeşil durum, değerlerin bireysel normal aralıkta ve performansın beklenen düzeyde olduğunu; sarı durum, tek veya birkaç göstergede geçici bozulma bulunduğunu; kırmızı durum ise birden fazla alanda belirgin ve sürekli bozulmayı, hastalık belirtisini veya işlev kaybını ifade eder. Sarı durumda antrenmanın hacmi azaltılabilir, teknik ve düşük şiddetli içerik tercih edilebilir. Kırmızı durumda ise sağlık değerlendirmesi, dinlenme veya programın daha kapsamlı değiştirilmesi gerekebilir. Kararın önceden tanımlanmış olması, verinin yalnızca arşivlenmesini değil gerçekten kullanılmasını sağlar.

Uygulama İlkesi

Toparlanma izleminde “daha fazla veri” her zaman daha iyi değildir. Aynı koşullarda düzenli ölçülen 3-5 anlamlı gösterge; düzensiz toplanan çok sayıda ki biyobelirteçten daha kullanışlı olabilir. Sporcuyla geri bildirim verilmeyen bir izlem sistemi zamanla güven ve uyumu kaybeder.

8.4. Aktif ve Pasif Toparlanma

8.4.1. Tanımlar ve Kullanım Alanları

Aktif toparlanma, ana egzersizden sonra veya tekrarlar arasında düşük şiddetli kas aktivitesinin sürdürülmesidir. Yavaş yürüyüş, hafif koşu, düşük dirençli bisiklet, yüzme, hareketlilik çalışmaları ve çok düşük şiddetli teknik uygulamalar bu kapsama girebilir. Pasif toparlanma ise oturma, uzanma veya minimal hareketle dinlenme biçimidir. Her iki yöntem de doğru veya yanlış olarak sınıflandırılmaz; seçim hedeflenen enerji sistemine, bir sonraki görevin süresine ve sporcunun algısına göre yapılır (Van Hooren ve Peake, 2018).

8.4.2. Aktif Toparlanmanın Fizyolojik Etkileri

Düşük şiddetli hareket kas pompasını ve bölgesel kan akımını sürdürerek venöz dönüşü, ısı kaybına ve laktatın oksidatif dokulara taşınmasına katkı sağlayabilir. Bu nedenle aktif toparlanma sonrasında kan laktatı çoğu zaman pasif dinlenmeye göre daha hızlı düşer. Ancak laktat bir “atık” değildir ve kan laktatının hızlı azalması sonraki performansın zorunlu olarak daha iyi olacağını göstermez. Aktif hareket aynı zamanda enerji kullanır; şiddeti veya süresi gereğinden yüksek olduğunda fosfokreatin ve glikojen yenilenmesini geciktirebilir ya da ek yorgunluk oluşturabilir (Van Hooren ve Peake, 2018; Zouhal vd., 2024).

Seans sonu aktif soğuma uygulamalarının kas ağrısı, yaralanma, sonraki gün performansı veya uzun dönem adaptasyon üzerinde tutarlı üstünlüğü gösterilmemiştir. Buna karşın bazı sporcular aktif soğuma sonrasında daha iyi gevşeme, hareketlilik veya psikolojik tamamlanma hissi bildirebilir. Bu nedenle 5-15 dakikalık, konuşmayı engellemeyen ve birinci ventilatuvar/laktat eşliğinin altında kalan düşük şiddetli bir uygulama tercih edilebilir; fakat bu süre ve şiddet katı bir reçete değildir. Aktif veya pasif aralığın uzun dönem interval antrenmanı uyumlarına etkisi de kesin bir üstünlük göstermemektedir (Van Hooren ve Peake, 2018; Li vd., 2024; Zouhal vd., 2024).

8.4.3. Pasif Toparlanmanın Fizyolojik Etkileri

Pasif toparlanma, ek enerji harcamasını en aza indirerek fosfokreatin yenilenmesi ve yüksek güç çıktısının korunması açısından avantaj sağlayabilir. Özellikle maksimal sprint, sıçrama, atma veya ağır kaldırış gibi tekrar kalitesinin öncelikli olduğu durumlarda uzun ve büyük ölçüde pasif dinlenme uygun olabilir. Tekrarlı sprint ve interval egzersiz literatürü, bazı yüksek güç görevlerinde pasif dinlenmenin performans kaybını azaltabildiğini; buna karşılık aktif dinlenmenin oluşturduğu ek fizyolojik stresin her zaman avantaj sağlamadığını göstermektedir. Çok yorgun, sıcak stresi yaşamış veya baş dönmesi bulunan sporcularda ise güvenli pozisyon, gözetim ve tıbbi değerlendirme aktif hareketten daha önemlidir (Zouhal vd., 2024).

Pasif dinlenmenin dezavantajı, çok uzun süre hareketsiz kalındığında sertlik hissi ve psikolojik “soğuma” oluşturabilmesidir. Bu nedenle müsabaka içindeki uzun aralarda pasif dinlenme; kısa hareketlilik, yeniden ısınma ve teknik hazırlıkla birleştirilebilir. Seçim “aktif mi pasif mi?” ikiliğinden ziyade görev öncesi enerji korunumu ve hazır oluş dengesine dayanmalıdır.

Akut tekrar performansı ile uzun dönem antrenman uyumu aynı soru değildir. Uzun dönem interval antrenmanı çalışmalarında aktif ve pasif dinlenme biçimlerinin her ikisi de fiziksel uygunluğu geliştirebilir; mevcut kanıtlar bir toparlanma biçiminin bütün yüklenmelerde üstün olduğunu göstermemektedir. Bu nedenle seçim, hedeflenen metabolik stres, tekrar kalitesi, toplam iş yükü, dinlenme süresi ve sporcunun antrenman durumuna göre yapılmalıdır (Zouhal vd., 2024).

Aktif ve Pasif Toparlanmanın Karşılaştırılması

	Aktif Toparlanma	Pasif Toparlanma
		
 1. Uygulama Biçimi	Düşük şiddetli hareket	Tam dinlenme veya minimal hareket
 2. Olası Faydalar	Kan akışı ve metabolit uzaklaştırılması desteklenebilir	Enerji korunumu ve gevşeme sağlayabilir
 3. Tercih Edilen Durumlar	Aralıklı yüklenmeler, turnuva ve tekrar antrenmanları	Aşırı yorgunluk, sakatlık riski veya uyku gereksinimi
 4. Dikkat Edilecek Nokta	Şiddet çok yükselmemelidir	Uzun süre hareketsizlik sertliği artırabilir

Şekil 34. Aktif ve pasif toparlanmanın temel özelliklerinin karşılaştırılması

Yazar tarafından Van Hooren ve Peake (2018), Li vd.. (2024) ve Zouhal vd.. (2024) temel alınarak hazırlanmıştır.

Tablo 45. Hedefe göre aktif ve pasif toparlanma seçimi

Durum	Öncelik	Genel tercih	Uygulama notu
Maksimal sprint/kuvvet tekrarları	Fosfokreatin ve sinir-kas çıktısını korumak	Pasif veya çok düşük şiddetli toparlanma	Dinlenme, performansın yeniden üretilebildiği süreye göre uzatılır.
Glikolitik interval sonrası seans sonu	Kademeli soğuma, rahatlama, hareketlilik	5-15 dk düşük şiddetli aktif toparlanma veya sporcu tercihi	Kan laktatının hızlı azalması tek başına performans göstergesi değildir.
Aynı gün ikinci yüksek şiddetli seans	Enerji ve glikojen korunumu	Kısa aktif soğuma veya pasif dinlenme	Uzun aktif soğuma ek enerji harcayabilir; beslenme ve rehidrasyon hızla başlatılır.
Uzun yolculuk veya oturma sonrası	Dolaşım ve hareket açıklığını sürdürmek	Kısa yürüyüş ve hareketlilik	Ağrılı veya yaralı bölge zorlanmamalıdır.
Şiddetli sıcak stresi/baş dönmesi	Güvenlik ve termal yükü azaltmak	Pasif dinlenme, gölge/serin ortam ve değerlendirme	Bilinç değişikliği, ataksi veya ısı hastalığı şüphesinde acil protokol uygulanır.

Not. Aktif toparlanma “ne kadar çok o kadar iyi” değildir. Yoğunluk konuşma testi, kalp hızı ve sporcunun algısına göre düşük tutulmalıdır.

Yaygın Yanılgı: “Aktif Toparlanma Laktik Asidi Atar ve Yorgunluğu Bitirir”

Aktif toparlanma kan laktatının azalmasını hızlandırabilir; ancak laktat aynı zamanda kullanılabilir bir yakıttır ve gecikmiş kas ağrısının nedeni değildir. Sonraki performans; fosfokreatin, glikojen, nöromüsküler yorgunluk, ısı, sıvı dengesi ve psikolojik hazır oluş gibi çok sayıda etkene bağlıdır.

8.5. Beslenme ve Hidrasyon ile Toparlanma

8.5.1. Öncelik: Enerji Kullanılabilirliği ve Günlük Beslenme Düzeni

Egzersiz sonrası tek bir “mucize içecek” veya takviye, yetersiz günlük enerji alımını, düşük karbonhidrat kullanılabilirliğini ya da düzensiz protein dağılımını telafi edemez. Toparlanma beslenmesinin ilk adımı; sporcunun toplam enerji gereksiniminin, antrenman yükünün ve vücut kompozisyonu hedefinin birlikte değerlendirilmesidir. Kronik enerji yetersizliği; hormon, bağışıklık, kemik sağlığı, protein sentezi, ruh hâli ve performans üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle temel öğün düzeni, yeterli makro ve mikro besin alımı, takviyelerden önce gelir (Thomas vd., 2016; Driller ve Leabeater, 2023).

8.5.2. Karbonhidrat ve Glikojen Yenilenmesi

Kas glikojeni yüksek hacimli dayanıklılık, takım sporları, tekrarlı sprint ve yoğun kuvvet antrenmanlarında önemli ölçüde azalabilir. Bir sonraki yüksek öncelikli egzersize 24 saatten fazla süre varsa, günlük karbonhidrat gereksiniminin öğünlere yayılması çoğu durumda yeterlidir. Buna karşılık toparlanma süresi yaklaşık 8 saatten kısaysa ilk saatlerde karbonhidrat alımının geciktirilmemesi glikojen sentezini hızlandırır. Hızlı yenilenme gereken durumlarda ilk 4 saat boyunca yaklaşık 1.0-1.2 g/kg/saat karbonhidrat, tolere edilebilir porsiyonlara bölünerek kullanılabilir (Burke vd., 2011; Kerkick vd., 2017).

Bu değerler her egzersizden sonra zorunlu değildir. Kısa ve düşük glikojen tüketen bir seans, ertesi gün dinlenme veya düşük şiddetli çalışma ile izleniyorsa normal öğün düzeni yeterli olabilir. Karbonhidrat kaynağı; tolerans, iştah, kültürel alışkanlıklar ve toplam enerji gereksinimine göre pirinç, patates, ekmek, makarna, yulaf, meyve, süt ürünleri veya sporcu içecekleri gibi seçeneklerden oluşturulabilir. Çok kısa toparlanma süresinde düşük lifli ve kolay sindirilen seçenekler gastrointestinal rahatlık sağlayabilir (Ranchordas vd., 2017).

8.5.3. Protein ve Doku Onarımı

Egzersiz kas protein döngüsünü artırır. Yeterli miktarda yüksek kaliteli protein, kas protein sentezini destekleyerek onarım ve adaptasyona katkı sağlar. Genel

olarak öğün başına yaklaşık 0.25-0.40 g/kg protein veya çoğu yetişkin sporcu için 20-40 g aralığı, gün içine 3-4 saatlik aralıklarla dağıtılabilir. Günlük toplam gereksinim spor dalı, enerji dengesi, yaş, antrenman hacmi ve hedefe göre değişir; birçok sporcu için yaklaşık 1.2-2.0 g/kg/gün, yüksek yük veya enerji kısıtlaması dönemlerinde ise üst sınıra yakın değerler kullanılabilir (Kerksick vd., 2017; Thomas vd., 2016).

Protein alımının dakikalarla sınırlı dar bir “anabolik pencere” içinde yapılması gerektiği düşüncesi aşırı basitleştirilmiştir. Önceki öğünün zamanı ve içeriği, günün toplam proteini ve bir sonraki seansın zamanı önemlidir. Bununla birlikte uzun süre aç kalınmışsa veya toparlanma süresi kısaysa egzersizden sonraki ilk öğünde protein almak pratiktir. Gece uykusundan önce protein içeren bir ara öğün bazı sporcularda gece protein sentezini desteklemek için kullanılabilir; ancak toplam enerji ve bireysel gastrointestinal tolerans dikkate alınmalıdır (Kerksick vd., 2017).

8.5.4. Karbonhidrat-Protein Birlikteliği

Karbonhidrat alımı hızlı glikojen yenilenmesi için önerilen düzeye ulaşmıyorsa, karbonhidrata protein eklenmesi insülin yanıtını ve glikojen sentezini destekleyebilir. Ancak karbonhidrat yaklaşık 1.2 g/kg/saat düzeyinde yeterli sağlandığında ek proteinin glikojen sentezine katkısı sınırlıdır; protein bu durumda daha çok protein sentezi ve öğünün besleyici niteliği için kullanılır. Bu nedenle toparlanma öğünü hem karbonhidrat hem protein içerebilir, fakat oran sporcunun gerçek gereksinimine göre ayarlanmalıdır (Kerksick vd., 2017).

8.5.5. Sıvı ve Elektrolitlerin Yenilenmesi

Egzersiz sırasında terleme ile sıvı ve başta sodyum olmak üzere elektrolit kaybedilir. Kayıp; vücut büyüklüğü, egzersiz şiddeti, çevre sıcaklığı, kıyafet, aklimatizasyon ve bireysel terleme özelliklerine göre büyük farklılık gösterir. Bu nedenle herkes için sabit bir su miktarı vermek yerine egzersiz öncesi-sonrası vücut kütlesi, içilen sıvı ve idrar miktarı kullanılarak yaklaşık ter kaybı hesaplanabilir (McDermott vd., 2017).

$$\text{Tahmini ter kaybı (L)} = \text{Egzersiz öncesi kütle (kg)} - \text{egzersiz sonrası kütle (kg)} + \text{içilen sıvı (L)} - \text{idrar (L)}$$

Eşitlik 1. Egzersiz sırasında tahmini sıvı kaybı

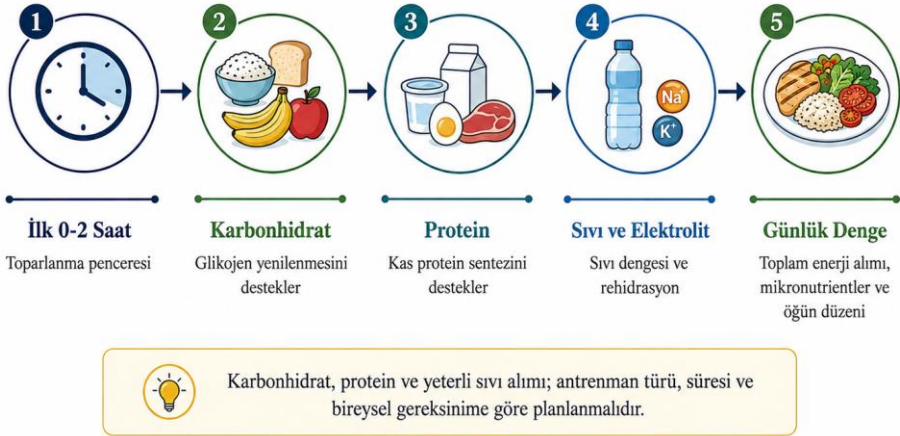
$$\text{Terleme hızı (L/saat)} = \text{Tahmini ter kaybı (L)} \div \text{egzersiz süresi (saat)}$$

Eşitlik 2. Bireysel terleme hızının hesaplanması

Hızlı ve tam rehidrasyon gerektiğinde, idrarla sürecekte kayıpları karşılamak için net sıvı açığının yaklaşık %125-150'si birkaç saat içinde alınabilir. Sodyum içeren içecek ve yiyecekler sıvı tutulmasını destekler. Toparlanma süresi uzunsu ve kayıp küçükse, susama hissiyle sıvı almak ve normal tuz içeren öğünler çoğu sporcu için yeterli olabilir. Aşırı ve hızlı su alımı hiponatremi riskini artırabileceğinden “ne kadar çok su o kadar iyi” yaklaşımı kullanılmamalıdır (McDermott vd., 2017).

Hızlı rehidrasyon hedefi $\approx$ Net sıvı açığı $\times$ 1.25-1.50

Egzersiz Sonrası Beslenme ve Hidrasyon



Şekil 35. Egzersiz sonrası beslenme ve hidrasyonun ana bileşenleri.

Yazar tarafından Burke vd.. (2011), Kersick vd.. (2017) ve McDermott vd.. (2017) temel alınarak hazırlanmıştır

İlk 0-2 saatlik öncelik, özellikle aynı gün veya kısa aralıklarla yeniden performans gerektiğinde önem kazanır.

Tablo 46. Toparlanma süresine göre beslenme ve hidrasyon öncelikleri

Durum	Karbonhidrat	Protein	Sıvı-elektrolit
Bir sonraki önemli seans <8 saat	İlk 4 saatte yaklaşık 1.0-1.2 g/kg/saat; kolay sindirilen ve sık aralıklı porsiyonlar	İlk öğünde yaklaşık 0.25-0.40 g/kg; gün içine yayılmış toplam alım	Net açığın yaklaşık %125-150'si; sodyum ve normal öğünlerle birlikte
Bir sonraki önemli seans 8-24 saat	Günlük gereksinim öğünlere dağıtılır; antrenman hacmine göre artırılır	Her 3-4 saatte kaliteli protein; toplam gereksinim öncelikli	Susama, vücut kütlesi ve idrar/ter kaybına göre planlama
Ertesi gün düşük yük veya dinlenme	Normal dengeli öğün düzeni; aşırı hızlı yükleme gerekli değildir	Günlük protein hedefi ve çeşitlilik	Normal içecek ve yiyeceklerle dengeyi tamamlama
İştahın düşük olduğu dönem	Sıvı karbonhidrat, meyve, sütlü içecek veya daha küçük sık porsiyonlar	Yoğurt, süt, yumurta, peynir, et/bitkisel protein veya tolere edilen içecek	Sodyum içeren içecek/çorba ve küçük aralıklarla sıvı

Not. Değerler genel çerçevedir. Vücut kütlesi hedefi, cinsiyet, yaş, besin toleransı, sağlık durumu ve spor dalına göre spor diyetisyeni tarafından bireyselleştirilmelidir.

8.5.6. Tam Gıdalar, Takviyeler ve Alkol

Süt, yoğurt, yumurta, et, balık, baklagiller, tahıllar, patates, meyve ve sebzeler; toparlanma için protein, karbonhidrat, sıvı, elektrolit ve mikro besinleri birlikte sağlayabilir. Örneğin süt, karbonhidrat, protein ve sıvıyı aynı anda sunan pratik bir seçenektir; ancak laktoz toleransı, enerji hedefi ve bireysel tercih göz önünde bulundurulmalıdır (James vd., 2019). Takviyeler yalnızca besinle karşılanamayan pratik bir gereksinim, doğrulanmış eksiklik veya belirli bir performans hedefi olduğunda düşünülmelidir. Ürünlerin içerik güvenliği, kontaminasyon ve anti-doping riski değerlendirilmelidir.

Yüksek doz antioksidanların rutin kullanımı, egzersizin adaptif sinyallerini teorik olarak azaltabileceğinden “iltihabı tamamen bastırma” amacıyla gelişigüzel kullanılmamalıdır. Benzer biçimde alkol; rehidrasyon, glikojen yenilenmesi, kas protein sentezi, karar verme ve uyku kalitesini olumsuz etkileyebilir. Toparlanma döneminde alkolün sınırlandırılması veya kaçınılması en güvenli yaklaşımdır (O'Connor vd., 2022).

Pratik Toparlanma Öğünü Örneği

Aynı gün ikinci antrenmanı bulunan 70 kg bir sporcu için, tolere ediliyorsa ilk saatlerde karbonhidrat ağırlıklı bir öğün/atıştırma ile yaklaşık 20-30 g kaliteli protein ve sodyum içeren sıvı planlanabilir. Porsiyonlar tek seferde zorlanmak yerine birkaç küçük almaya bölünebilir. Bu örnek tıbbi veya bireysel diyet reçetesi değildir; toplam günlük gereksinim ve gastrointestinal tolerans temel alınmalıdır.

8.6. Uyku ve Toparlanma

8.6.1. Uyku Neden Temel Bir Toparlanma Aracıdır?

Uyku; nöromüsküler, bilişsel, endokrin, bağışıklık ve psikolojik işlevlerin düzenlendiği aktif bir biyolojik süreçtir. Yetersiz veya bölünmüş uyku; dikkat, karar verme, reaksiyon, beceri yürütme, algılanan efor, ruh hâli ve fiziksel performansın çeşitli bileşenlerini olumsuz etkileyebilir. Sporcular erken antrenman, geç müsabaka, seyahat, kaygı, kafein, ekran kullanımı ve ağrı nedeniyle kısa veya düşük kaliteli uyku açısından risk altındadır (Fullagar vd., 2015; Walsh vd., 2021; Kong vd., 2025).

Uyku sırasında büyüme hormonu salınımı, protein döngüsü, bağışıklık işlevi, bellek pekiştirme ve otonom düzenlenme desteklenir. Ancak “bütün kas onarımı yalnızca uykuda gerçekleşir” gibi kesin bir ifade doğru değildir; onarım gün boyunca sürer. Uykunun değeri, çok sayıda sistemin aynı anda düzenlenmesini ve ertesi gün fiziksel-bilişsel hazır oluşu desteklemesinden kaynaklanır.

8.6.2. Uyku Miktarı, Kalitesi, Zamanlaması ve Düzenliliği

Yetişkinler için sık kullanılan 7-9 saatlik gece uykusu genel bir başlangıç noktasıdır; ancak sporcuların gereksinimi antrenman yükü, yaş, bireysel uyku ihtiyacı ve önceki uyku borcuna göre değişebilir. Bu nedenle tek bir sayıyı herkese dayatmak yerine yeterli uyku fırsatı, gündüz uyanıklığı, performans, ruh hâli ve sporcunun algıladığı gereksinim birlikte değerlendirilmelidir. Yoğun dönemlerde 8-10 saatlik uyku fırsatı planlamak bazı sporcular için yararlı olabilir (Walsh vd., 2021).

Uyku kalitesi; uykuya dalma süresi, gece uyanmaları, toplam uyku süresi ve sabah dinlenmiş hissetme gibi özellikleri kapsar. Zamanlama, uykunun biyolojik ritimle ve antrenman-müsabaka saatiyle uyumunu; düzenlilik ise yatış ve kalkış saatlerinin günler arasında ne kadar değiştiğini ifade eder. Aynı toplam süreye sahip iki sporcu, uyku düzenliliği ve zamanlaması farklı olduğunda farklı toparlanma deneyimi yaşayabilir (Nédélec vd., 2018).

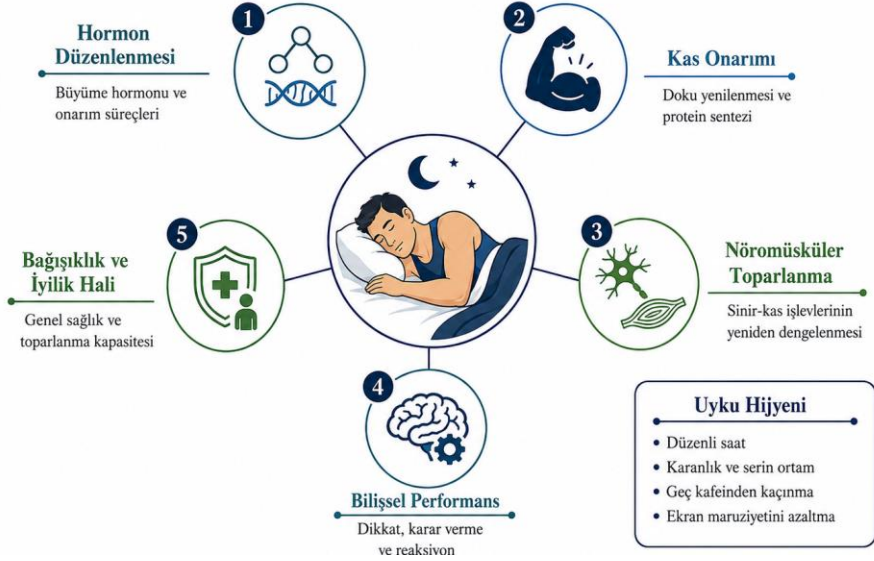
8.6.3. Uyku Uzatma ve Gündüz Uykusu

Uyku uzatma, sporcunun yatakta geçirdiği süreyi planlı biçimde artırarak uyku borcunu azaltmayı amaçlar. Müsabaka veya yoğun kamp öncesinde birkaç gün boyunca daha uzun uyku fırsatı oluşturmak, tek gecelik “telafi uykusuna” göre daha uygulanabilir olabilir. Sporculardaki uyku müdahalelerini inceleyen sistematik derleme, özellikle gece uykusunun uzatılması ve gündüz uykusunun fiziksel veya bilişsel performans üzerinde olumlu sonuçlar oluşturabildiğini; buna karşılık yanıtın protokole ve bireye göre değiştiğini göstermektedir (Swinbourne vd., 2018; Walsh vd., 2021; Cunha vd., 2023).

Gündüz uykusu gece uykusunun yerini tutmaz; ancak erken kalkış, seyahat veya iki antrenman arasındaki dönemde yararlı olabilir. Yaklaşık 20-30 dakikalık kısa uyku, uyku sersemliğini sınırlayarak uyanıklığı destekleyebilir. Yaklaşık 60-90 dakikalık daha uzun uyku, daha fazla toplam uyku sağlayabilir; fakat uyanma sonrası sersemlik ve gece uykusunun gecikmesi göz önünde bulundurulmalıdır. Güncel sistematik derlemelerde 20-90 dakikalık gündüz uykularının bazı performans sonuçlarını destekleyebildiği bildirilmekle birlikte, zamanlama ve süre sporcunun gece uykusu, kronotipi ve günlük programına göre bireyselleştirilmelidir (Walsh vd., 2021; Cunha vd., 2023).

Uyku kaybı yalnızca “uykulu hissetme” ile sınırlı değildir. Güncel bir meta-analiz, uyku yoksunluğunun sporcularda aerobik dayanıklılık, patlayıcı güç, maksimal kuvvet, hız ve beceri kontrolünü azaltabildiğini; aynı iş yükünde algılanan eforu artırabildiğini göstermektedir. Bu nedenle uyku, yardımcı bir modalite değil, antrenman yükünün ve performans hazırlığının temel bileşeni olarak yönetilmelidir (Kong vd., 2025).

Uyku ve Toparlanma Arasındaki İlişki



Şekil 36. Uykunun toparlanma üzerindeki çok boyutlu etkileri

Yazar tarafından Fullagar vd.. (2015), Nédélec vd.. (2018), Walsh vd.. (2021), Cunha vd.. (2023) ve Kong vd.. (2025) temel alınarak hazırlanmıştır

Tablo 47. Sporcular için uyku araç kutusu

Alan	Uygulanabilir strateji	Neden önemlidir?	Dikkat noktası
Düzenlilik	Yatış ve kalkış saatini çoğu gün benzer tutmak	Sirkadiyen ritmi ve uykuya dalmayı destekler.	Müسابaka ve seyahat döneminde kademeli ayarlama gerekir.
Uyku fırsatı	Yoğun dönemde yatakta geçirilen süreyi artırmak	Bireysel uyku gereksiniminin karşılanma olasılığını yükseltir.	Yatakta uzun kalmak tek başına kaliteli uyku garanti etmez.
Işık	Sabah gün ışığı; gece parlak ışık ve ekran maruziyetini azaltma	Biyolojik saatin zamanlanmasına yardım eder.	Ekranı tamamen yasaklamak yerine süre, parlaklık ve içerik yönetilir.
Kafein	Doz ve saati kişiselleştirmek; yatmadan önceki saatlerde sınırlamak	Kafein yarı ömrü nedeniyle uykuya dalma ve derinliği etkileyebilir.	Bireysel duyarlılık geniş ölçüde değişir.
Ortam	Serin, karanlık, sessiz ve güvenli yatak odası	Uyanmaları ve termal rahatsızlığı azaltır.	Seyahatte göz maskesi/kulak tıkacı yararlı olabilir.
Rutin	Gevşeme, nefes, hafif okuma, planlı kapanış rutini	Uyarılmışlığı azaltıp uykuya geçişi kolaylaştırabilir.	Yoğun egzersiz, ağır öğün ve duygusal ekran içeriği geç saate bırakılmamalıdır.
Gündüz uykusu	20-30 dk kısa veya gereksinime göre 60-90 dk	Uyku borcunu ve uyanıklık kaybını kısmen azaltabilir.	Geç saatte ve uzun uyku gece uykusunu bozabilir.

Not. Horlama ile birlikte nefes durması, uzun süreli insomnia, belirgin gündüz uykululuğu, huzursuz bacak belirtileri veya sürekli performans/ruh hâli bozulması profesyonel değerlendirme gerektirir.

8.6.4. Müsabaka, Seyahat ve Geç Saat Antrenmanı

Geç saatte biten müsabaka sonrasında yüksek vücut ısısı, katekolaminler, parlak ışık, medya yükümlülükleri ve geç öğün uykuya geçişi geciktirebilir. Bu durumda kısa ve standart bir toparlanma rutini, kolay sindirilen öğün, gereksiz ekran/ışık maruziyetinin azaltılması ve serinleme yararlı olabilir. Uzak zaman dilimlerine seyahatte ışık, uyku ve öğün saatleri kademeli ayarlanmalı; melatonin gibi ürünler yalnızca sağlık profesyoneli rehberliğinde kullanılmalıdır (Walsh vd., 2021).

Uyku İçin Kırmızı Bayraklar

Sürekli horlama ve nefes durması, üç aydan uzun süren uykuya dalma/uykuyu sürdürme güçlüğü, gündüz kontrol edilemeyen uyku hâli, gece panik/parasomni, depresyon veya anksiyete belirtileri, ağrı nedeniyle tekrar tekrar uyanma ve uyku ilaçlarının kontrolsüz kullanımı klinik değerlendirme gerektirir.

8.7. Masaj ve Manuel Toparlanma Uygulamaları

8.7.1. Masajın Olası Etki Mekanizmaları

Spor masajı; sıvazlama, yoğurma, friksiyon, kompresyon ve titreşim gibi manuel tekniklerin farklı süre ve basınçlarda uygulanmasını içerir. Etkiler yalnızca mekanik değildir. Dokunma, gevşeme, parasempatik yönelim, beklenti ve sporcu-terapist etkileşimi algılanan rahatlama ve ağrıyı değiştirebilir. Lokal cilt ve yüzeysel doku kan akımı artabilir; ancak masajın “toksinleri” veya laktatı kaslardan mekanik olarak uzaklaştırdığına ilişkin güçlü kanıt yoktur (Davis vd., 2020; Dakić vd., 2023).

8.7.2. Performans, DOMS ve Esneklik Üzerindeki Etkiler

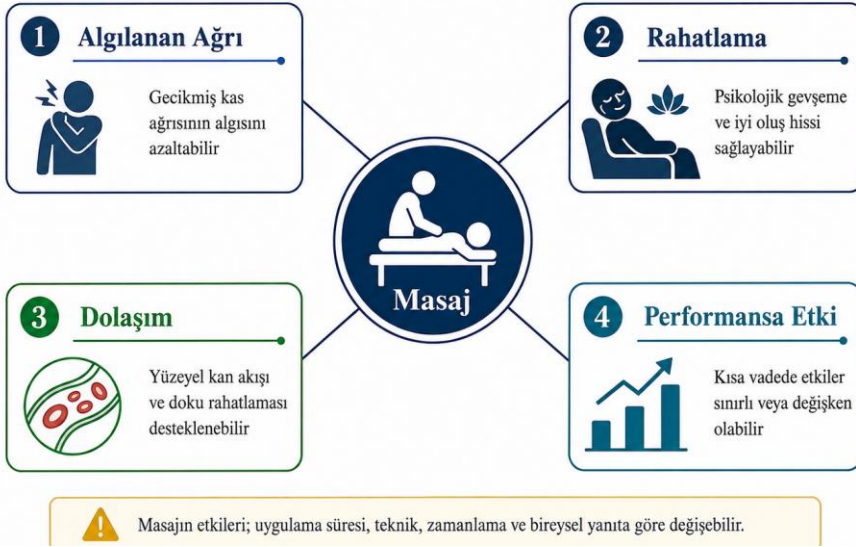
Sistemik derleme ve meta-analizler, masajın kuvvet, sprint, sıçrama veya dayanıklılık performansını doğrudan ve tutarlı biçimde artırmadığını; buna karşılık esneklik, algılanan toparlanma ve gecikmiş kas ağrısında küçük iyileşmeler sağlayabildiğini göstermektedir. Dolayısıyla masajın en gerçekçi amacı “performansı anında yükseltmek” değil, algılanan ağrı ve gerginliği azaltmak, rahatlama sağlamak ve sporcunun toparlanma rutinine uyumunu desteklemektir (Poppendieck vd., 2016; Davis vd., 2020; Querido vd., 2022; Dakić vd., 2023).

Masajın yararı uygulama zamanı, süresi, basınç, egzersiz türü ve sporcunun beklentisine göre değişir. Yoğun ve ağırlı derin doku uygulaması, hemen ardından maksimal güç veya beceri performansı gerektiğinde geçici rahatsızlık ya da gevşeklik hissi oluşturabilir. Müsabaka öncesinde kısa ve uyarıcı teknikler; müsabaka sonrası ise daha yavaş ve rahatlatıcı teknikler tercih edilebilir. Toparlanma amacıyla 5-20 dakikalık bölgesel uygulamalar pratik olmakla birlikte katı bir “ideal süre” bulunmamaktadır.

Profesyonel futbolda maç sonrası ilk 72 saati inceleyen derecelendirilmiş sistemik derleme, masajın yararının daha çok algısal göstergelerde ortaya çıktığını; fiziksel performans ve fizyolojik belirteçlerde tutarlı bir üstünlük bulunmadığını bildirmiştir. Bu ayrım, sporcunun kendini daha iyi hissetmesi ile

performans kapasitesinin tamamen geri kazanılmasının aynı sonuç olmadığını hatırlatır (Querido vd., 2022).

Masajın Toparlanmadaki Olası Etkileri



Şekil 37. Masajın toparlanma bağlamındaki olası etkileri

Yazar tarafından Poppendieck vd.. (2016), Davis vd.. (2020), Querido vd.. (2022) ve Dakić vd.. (2023) temel alınarak hazırlanmıştır.

8.7.3. Masajda Güvenlik ve Kontrendikasyonlar

Açık yara, cilt enfeksiyonu, ateş, akut travma, şüpheli kırık, açıklanamayan şiddetli ağrı, belirgin şişlik, derin ven trombozu şüphesi veya aktif kanama durumunda masaj uygulanmamalı ve sağlık değerlendirmesi yapılmalıdır. Antikoagülan kullanan, duyu kaybı bulunan veya yakın zamanda cerrahi geçiren sporcularda profesyonel onay gerekir. Masaj, tanı konmamış yaralanmayı “açmak” amacıyla ağrı eşiğinin üzerinde uygulanmamalıdır.

8.8. Soğuk Uygulamalar ve Toparlanma

8.8.1. Uygulama Türleri ve Fizyolojik Temel

Soğuk uygulamalar; lokal buz veya jel paketi, soğuk suya kısmi/tam daldırma, kontrast su uygulaması ve tüm vücut kriyostimülasyonu gibi farklı yöntemleri kapsar. Bu yöntemler aynı fizyolojik etkiyi oluşturmaz. Soğuk suya daldırmada düşük sıcaklığa ek olarak hidrostatik basınç ve vücut yüzeyinin geniş bölümünün soğutulması söz konusudur. Soğuk, deri ve yüzeyel doku sıcaklığını düşürür, sinir

iletimini ve ağrı algısını değiştirebilir, damar tonusu ve ısı transferini etkiler (Machado vd., 2016; Thorpe, 2021).

Akut kullanımın en tutarlı yararı, özellikle kas hasarı oluşturan veya yoğun aralıklı egzersiz sonrasında algılanan kas ağrısı, yorgunluk ve toparlanma hissinde kısa süreli iyileşmedir. Meta-analizler soğuk suya daldırmanın bazı yüksek şiddetli egzersizlerden sonra kas gücü çıktılarından çok kas gücünün hızlı üretilmesini yansıtan güç performansı, kas ağrısı ve algılanan toparlanma üzerinde yarar sağlayabildiğini; maksimal kuvvetin geri kazanılmasında ise etkinin daha belirsiz olduğunu göstermektedir. Sonuçlar test zamanı, su sıcaklığı, daldırma süresi, egzersiz türü ve sporcunun özelliklerine bağlıdır (Dupuy vd., 2018; Moore vd., 2022; Batista vd., 2023; Querido vd., 2022).

8.8.2. Soğuk Suya Daldırma İçin Uygulama Aralığı

Araştırmalarda 5-15 °C ve 5-20 dakika gibi geniş protokoller kullanılmıştır. Yaklaşık 10-15 °C sıcaklıkta 10-15 dakikalık uygulama pratikte sık kullanılan bir başlangıç aralığıdır; ancak bu değerler herkes ve her sonuç için “en iyi doz” değildir. Güncel meta-regresyon bulguları, yüksek şiddetli egzersizlerden sonra bazı sonuçlarda daha düşük sıcaklık veya daha kısa uygulama süresiyle yarar görülebileceğini düşündürmektedir; bununla birlikte protokollerin ve katılımcı özelliklerinin heterojenliği tek bir evrensel reçeteye izin vermemektedir. Vücut kompozisyonu, soğuk toleransı, daldırılan alan, çevre, sağlık durumu ve bir sonraki performans görevi birlikte değerlendirilmelidir (Machado vd., 2016; Moore vd., 2022; Batista vd., 2023).

Soğuk uygulama sonrasında kas sıcaklığı ve sinir iletim hızı geçici olarak azalabileceğinden hemen ardından maksimal kuvvet, sprint veya beceri görevi yapılacaksa yeniden ısınma gerekir. Amaç bir sonraki gün ağrıyı azaltmaksa uygulama müsabaka sonrası kullanılabilir; amaç birkaç dakika içinde yeniden yüksek güç üretmekse çok soğuk ve uzun bir protokol uygun olmayabilir.

Futbolcuları farklı yaş ve yarışma düzeylerinde ele alan güncel sistematik derleme, soğuk suya daldırmanın sıçrama performansı ile algılanan yorgunluk, ağrı ve iyi oluş üzerinde olumlu sonuçlar bildiren çalışmalar içerdiğini; ancak yöntem, örneklem ve ölçüm farklılıklarının genellenebilirliği sınırladığını göstermektedir. Bu nedenle soğuk uygulama spor dalına özgü kanıt, sporcunun tercihi ve takvim gereksinimiyle birlikte değerlendirilmelidir (Vatne vd., 2025).

Soğuk Uygulamalar ve Toparlanma



Şekil 38. Soğuk uygulamaların temel türleri ve toparlanmaya olası katkıları

Yazar tarafından Machado vd.. (2016), Moore vd.. (2022), Batista vd.. (2023), Thorpe (2021) ve Vatne vd.. (2025) temel alınarak hazırlanmıştır

8.8.3. Akut Toparlanma ile Uzun Dönem Adaptasyon Arasındaki Denge

Soğuk uygulama, yoğun turnuva veya sıkışık müsabaka takviminde bir sonraki performansa hazır oluşu desteklemek için yararlı olabilir. Buna karşılık her kuvvet/hipertrofi antrenmanından hemen sonra rutin soğuk suya daldırma, kas protein senteziyle ilişkili sinyalleri ve uzun dönem hipertrofi kazanımlarını azaltabilir. Bu sonuç, soğüğün hiçbir zaman kullanılmaması gerektiği anlamına gelmez; uygulamanın amacı, sıklığı ve zamanlamasının periyodize edilmesi gerektiğini gösterir (Roberts vd., 2015; Petersen ve Fyfe, 2021; Piñero vd., 2024).

Hipertrofi ve kuvvet adaptasyonunun öncelikli olduğu hazırlık dönemlerinde, yüksek yoğunluklu direnç seanslarının hemen ardından soğuk suya rutin biçimde girilmemesi; gerektiğinde birkaç saat geciktirilmesi veya yalnızca yarışma/çok yüksek yük dönemlerinde kullanılması düşünülebilir. Buna karşılık turnuva, etap yarışı, sık maç veya sıcak çevre koşullarında akut performansın korunması uzun dönem uyarı baskılama riskinden daha önemli olabilir (Thorpe, 2021).

Tablo 48. Masaj ve soğuk uygulamaların kanıt profili, kullanım alanı ve sınırlılıkları

Yöntem	En olası yarar	Uygun bağlam	Sınırlılık / güvenlik
Masaj	DOMS ve algılanan gerginlikte küçük azalma; rahatlama; esneklikte sınırlı artış	Sporcu tarafından tercih edildiğinde, müsabaka sonrası veya dinlenme gününde	Doğrudan performans artışı tutarlı değildir. Akut travma, enfeksiyon, tromboz şüphesi ve açık yarada uygulanmaz.
Soğuk suya daldırma	Algılanan ağrı/yorgunlukta kısa dönem azalma; bazı koşullarda sonraki gün hazır oluş	Sıkışık müsabaka, yüksek kas hasarı, sıcak çevre veya akut hazır oluş önceliği	Hemen sonraki güç performansını geçici azaltabilir; direnç antrenmanı sonrası rutin kullanım hipertrofiyi baskılayabilir.
Lokal buz/jel	Lokal ağrı algısında azalma ve semptom kontrolü	Belirli bölgeye kısa süreli semptom yönetimi	Cilt ve sinir hasarı riski; dolaşım/duyu bozukluğunda dikkat; yaralanma tanısının yerini tutmaz.
Kontrast su	Rahatlama ve öznel toparlanma; dolaşım hissi	Sporcu tercih ettiğinde ve ekipman uygun olduğunda	Protokoller çok değişkendir; üstünlüğü tutarlı değildir.

Not. Yöntemlerin etkisi çoğunlukla küçük ve bağlama bağlıdır. Temel uyku, enerji, hidrasyon ve yük yönetiminin yerine geçmez.

8.8.4. Soğuk Uygulamada Güvenlik

Soğuğa karşı aşırı reaksiyon öyküsü, Raynaud fenomeni, ciddi periferik dolaşım bozukluğu, kontrolsüz kardiyovasküler hastalık, duyu kaybı, açık yara veya soğuk ürtikeri bulunan kişilerde uygulama sağlık profesyoneli onayı olmadan yapılmamalıdır. Soğuk suya daldırma gözetimsiz uygulanmamalı; baş, boyun ve solunum kontrolü korunmalı; titreme, baş dönmesi, uyuşma, göğüs ağrısı veya bilinç değişikliği halinde derhal sonlandırılmalıdır. Lokal buz doğrudan ve uzun süre çıplak cilt üzerinde bırakılmamalıdır.

8.9. Toparlanmanın Periyodizasyonu ve Bütünleşik Planlama

8.9.1. Temellerden Yardımcı Yöntemlere Doğru Hiyerarşi

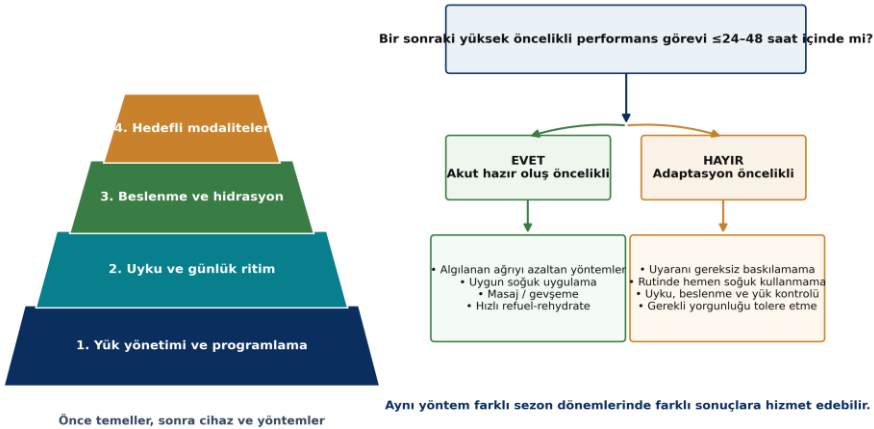
Toparlanma planı bir piramit gibi ele alınabilir. Tabanında uygun antrenman yükü, mikro ve mezosiklus planlaması bulunur. Bunun üzerinde uyku, enerji ve besin alımı ile hidrasyon yer alır. Masaj, soğuk uygulama, kompresyon veya cihazlar ise piramidin üst katmanıdır. Alt basamaklar yetersizken üst basamaklara daha fazla zaman ve para ayırmak, toparlanmanın temel sorununu çözmez. Güncel uygulama derlemeleri de modalitelerin çoğu zaman belirli algısal veya

performans çıktılarında, belirli bağlamlarda yarar sağladığını göstermektedir (Driller ve Leabeater, 2023; Querido vd., 2022; Vatne vd., 2025).

Dönemsel planlamada aynı yöntemin amacı değişebilir. Hazırlık döneminde belirli bir yorgunluk düzeyi adaptasyon uyarısının parçasıdır; her seans sonrasında yorgunluğu agresif biçimde azaltmak gerekli değildir. Müsabaka döneminde ise teknik kalite ve bir sonraki maçın performansı öncelikli olduğundan akut toparlanma stratejileri daha yoğun kullanılabilir. Geçiş döneminde psikolojik yenilenme, uyku düzeninin kurulması ve farklı düşük şiddetli aktiviteler öne çıkabilir. Yöntem seçimi, akut hazır oluş ile uzun dönem adaptasyon arasındaki önceliğe göre periyodize edilmelidir (Kellmann vd., 2018; Thorpe, 2021; Querido vd., 2022).

Bireyselleştirme yalnızca spor dalına göre yapılmaz. Yaş, biyolojik cinsiyet, antrenman yaşı, yarışma düzeyi, seyahat, çevre, sağlık durumu, inanç ve tercihlerin yanı sıra aynı yöntemle verilen geçmiş yanıt da dikkate alınmalıdır. Özellikle kadın sporcuların toparlanma araştırmalarında yeterince temsil edilmemesi, bazı önerilerin erkek örneklemelerden aktarıldığını ve uygulamada daha dikkatli izlem gerektiğini göstermektedir (Vatne vd., 2025).

Toparlanma Stratejilerinin Dönemsel ve Hedefe Göre Seçimi



Şekil 39. Toparlanma stratejilerinin temel hiyerarşisi ve sezon hedeflerine göre dönemsel seçimi

Yazar tarafından Driller ve Leabeater (2023), Querido vd.. (2022), Thorpe (2021), Piñero vd.. (2024) ve Vatne vd.. (2025) temel alınarak hazırlanmıştır

8.9.2. 24 Saatlik Bütünleşik Toparlanma Akışı

1. Egzersiz hemen sonrası: güvenli soğuma, semptom ve yaralanma taraması, ter kaybının tahmini, sıvı ve ilk öğünün planlanması.
2. İlk 1-4 saat: bir sonraki seans yakınsa düzenli karbonhidrat alımı; kaliteli protein; sodyum içeren sıvı/öğün; uzun ve gereksiz aktif soğumadan kaçınma.
3. Gün içi: normal öğün düzeni, hareketlilik ve kısa yürüyüşler, bireysel gereksinime göre masaj/soğuk, psikolojik gevşeme ve ekran/iş yükünün yönetimi.
4. Akşam: aşırı geç ve ağır öğünü sınırlama, kafein ve parlak ışığı azaltma, uyku öncesi rutin, yeterli uyku fırsatı.
5. Ertesi sabah: öznel iyi oluş, kas ağrısı, uyku ve basit performans göstergelerinin normal değerlerle karşılaştırılması; antrenmanın buna göre sürdürülmesi veya değiştirilmesi.

8.9.3. Uygulama Senaryoları

Tablo 49. Farklı spor ve antrenman hedeflerinde örnek toparlanma planları

Senaryo	Baskın sorun	İlk öncelikler	Yardımcı yöntem ve kaçınılacak hata
Futbol: 72 saat sonra ikinci maç	Glikojen kaybı, kas ağrısı, nöromüsküler yorgunluk, uyku bozulması	Maç sonrası karbonhidrat-protein, bireysel rehidrasyon, uzun uyku fırsatı, ertesi gün düşük yük	Sporcu tercih ederse soğuk su/masaj kullanılabilir. “Ağrı yoksa tam toparlandı” varsayımından kaçınılır.
Direnç antrenmanı: hipertrofi bloğu	Kas hasarı ve lokal yorgunluk; adaptasyon sinyali korunmalı	Yeterli günlük enerji/protein, kas grubuna uygun 48-72 saat yük aralığı, uyku	Her seans sonrası rutin soğuk suya daldırmadan kaçınılır; masaj rahatlatma için kullanılabilir.
Dayanıklılık: aynı gün çift seans	Glikojen ve sıvı açığı, gastrointestinal tolerans	İlk 4 saatte hızlı karbonhidrat, protein, sodyumlu sıvı; mümkünse kısa dinlenme/uyku	Uzun aktif soğuma enerji harcar. Öğünler küçük ve kolay sindirilen porsiyonlara bölünür.
Turnuva: aynı gün çoklu kısa maç	Fosfokreatin, ısı, sıvı ve tekrar hazır oluş	Maç aralarında pasif dinlenme + kısa yeniden ısınma, sıvı/karbonhidrat, gölge/serinlik	Aşırı soğutma sonrası yeniden ısınmadan maksimal performansa dönülmez.
Yoğun akademik/iş stresi yaşayan sporcu	Psikolojik yük, kısa uyku, motivasyon düşüşü	Antrenman hacmini bağlama göre ayarlama, uyku fırsatı ve düzenlilik, iletişim	Yorgunluğu yalnızca fiziksel modalitelerle çözmeye çalışmamak.

Not. Senaryolar örnektir; sporcu sağlığı, yaralanma durumu, seyahat, iklim, yaş ve antrenman geçmişi dikkate alınmalıdır.

8.9.4. Yaygın Hatalar ve Bilimsel Düzeltmeler

“Ne kadar çok toparlanma yöntemi, o kadar iyi sonuç” yaklaşımı: Yöntemlerin üst üste eklenmesi zaman, maliyet ve beklenti yükü oluşturabilir. Öncelik, en büyük sınırlayıcıyı hedeflemektir.

“Laktat toksindir ve masaj/aktif toparlanma ile atılmalıdır” yaklaşımı: Laktat kullanılabilir bir yakıt ve metabolik ara üründür; DOMS’un nedeni değildir. Kan laktatının hızla azalması performansın tam geri kazanıldığı anlamına gelmez.

“Her kuvvet antrenmanından sonra buz banyosu iyidir” yaklaşımı: Soğuk akut ağrıyı azaltabilir; ancak direnç antrenmanı sonrası sık ve hemen uygulandığında hipertrofi uyumunu zayıflatabilir.

“Masaj kası onarır ve performansı doğrudan artırır” yaklaşımı: Masajın doğrudan performans etkisi küçük veya tutarsızdır. En olası yararı algılanan ağrı, rahatlama ve esnekliktedir.

“Herkes 8 saat uyumalıdır” yaklaşımı: Genel aralıklar yol gösterir; gereksinim bireyseldir. Süre kadar kalite, zamanlama, düzenlilik ve gündüz işlevi de değerlendirilmelidir.

“Toparlanma tamamen pasif dinlenmedir” yaklaşımı: Bazı durumlarda hafif hareket ve günlük aktivite yararlı olabilir; bazı yüksek güç görevlerinde ise pasif dinlenme daha uygundur. Amaç ve bağlam seçim yapar.

“Tek bir biyobelirteç antrenmana hazır olup olmadığını söyler” yaklaşımı: Hazır oluş; öznel, performans, yük ve bağlam verilerinin birlikte değerlendirilmesini gerektirir.

Kaynakça

- Batista, N. P., de Carvalho, F. A., Machado, A. F., Micheletti, J. K., & Pastre, C. M. (2023). What parameters influence the effect of cold-water immersion on muscle soreness? An updated systematic review and meta-analysis. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 33(1), 13–25. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000001081>
- Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H. S., & Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 29(Suppl. 1), S17–S27. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.585473>
- Cunha, L. A., Costa, J. A., Marques, E. A., Brito, J., Lastella, M., & Figueiredo, P. (2023). The impact of sleep interventions on athletic performance: A systematic review. *Sports Medicine - Open*, 9, 58. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00599-z>
- Dakić, M., Toskić, L., Ilić, V., Đurić, S., Dopsaj, M., & Šimenko, J. (2023). The effects of massage therapy on sport and exercise performance: A systematic review. *Sports*, 11(6), 110. <https://doi.org/10.3390/sports11060110>
- Davis, H. L., Alabed, S., & Chico, T. J. A. (2020). Effect of sports massage on performance and recovery: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 6(1), e000614. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000614>
- Driller, M., & Leabeater, A. J. (2023). Fundamentals or icing on top of the cake? A narrative review of recovery strategies and devices for athletes. *Sports*, 11(11), 213. <https://doi.org/10.3390/sports11110213>
- Dupuy, O., Douzi, W., Theurot, D., Bosquet, L., & Dugué, B. (2018). An evidence-based approach for choosing post-exercise recovery techniques to reduce markers of muscle damage, soreness, fatigue, and inflammation: A systematic review with meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 9, 403. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00403>
- Fullagar, H. H. K., Skorski, S., Duffield, R., Hammes, D., Coutts, A. J., & Meyer, T. (2015). Sleep and athletic performance: The effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise. *Sports Medicine*, 45(2), 161–186. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0260-0>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(Suppl. 2), S139–S147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>

- James, L. J., Stevenson, E. J., & Rumbold, P. L. S. (2019). Cow's milk as a post-exercise recovery drink: Implications for performance and health. *European Journal of Sport Science*, 19(1), 40–48. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1534989>
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., Erlacher, D., Halson, S. L., Hecksteden, A., Heidari, J., Kallus, K. W., Meeusen, R., Mujika, I., Robazza, C., Skorski, S., Venter, R., & Beckmann, J. (2018). Recovery and performance in sport: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 240–245. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0759>
- Kerksick, C. M., Arent, S., Schoenfeld, B. J., Stout, J. R., Campbell, B., Wilborn, C. D., Taylor, L., Kalman, D., Smith-Ryan, A. E., Kreider, R. B., Willoughby, D., Arciero, P. J., VanDusseldorp, T. A., Ormsbee, M. J., Wildman, R., Greenwood, M., Ziegenfuss, T. N., Aragon, A. A., & Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: Nutrient timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 33. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0189-4>
- Kong, Y., Yu, B., Guan, G., Wang, Y., & He, H. (2025). Effects of sleep deprivation on sports performance and perceived exertion in athletes and non-athletes: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 16, 1544286. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1544286>
- Li, S.-T., Kempe, M., Brink, M. S., & Lemmink, K. (2024). Effectiveness of recovery strategies after training and competition in endurance athletes: An umbrella review. *Sports Medicine - Open*, 10, 55. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00724-6>
- Machado, A. F., Ferreira, P. H., Micheletti, J. K., de Almeida, A. C., Lemes, Í. R., Vanderlei, F. M., Netto Júnior, J., & Pastre, C. M. (2016). Can water temperature and immersion time influence the effect of cold water immersion on muscle soreness? A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(4), 503–514. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0431-7>
- McDermott, B. P., Anderson, S. A., Armstrong, L. E., Casa, D. J., Chevront, S. N., Cooper, L., Kenney, W. L., O'Connor, F. G., & Roberts, W. O. (2017). National Athletic Trainers' Association position statement: Fluid replacement for the physically active. *Journal of Athletic Training*, 52(9), 877–895. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.9.02>

- Moore, E., Fuller, J. T., Buckley, J. D., Saunders, S., Halson, S. L., Broatch, J. R., & Bellenger, C. R. (2022). Impact of cold-water immersion compared with passive recovery following a single bout of strenuous exercise on athletic performance in physically active participants: A systematic review with meta-analysis and meta-regression. *Sports Medicine*, 52(7), 1667–1688. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01644-9>
- Nédélec, M., Aloulou, A., Duforez, F., Meyer, T., & Dupont, G. (2018). The variability of sleep among elite athletes. *Sports Medicine - Open*, 4, 34. <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0151-2>
- O'Connor, E. B., Mündel, T., & Barnes, M. J. (2022). Nutritional compounds to improve post-exercise recovery. *Nutrients*, 14(23), 5069. <https://doi.org/10.3390/nu14235069>
- Petersen, A. C., & Fyfe, J. J. (2021). Post-exercise cold water immersion effects on physiological adaptations to resistance training and the underlying mechanisms in skeletal muscle: A narrative review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 660291. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.660291>
- Piñero, A., Burke, R., Augustin, F., Mohan, A. E., DeJesus, K., Sapuppo, M., Weisenthal, M., Coleman, M., Androulakis-Korakakis, P., Grgic, J., Swinton, P. A., & Schoenfeld, B. J. (2024). Throwing cold water on muscle growth: A systematic review with meta-analysis of the effects of postexercise cold water immersion on resistance training-induced hypertrophy. *European Journal of Sport Science*, 24(2), 177–189. <https://doi.org/10.1002/ejsc.12074>
- Poppendieck, W., Wegmann, M., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M., & Meyer, T. (2016). Massage and performance recovery: A meta-analytical review. *Sports Medicine*, 46(2), 183–204. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0420-x>
- Querido, S. M., Radaelli, R., Brito, J., Vaz, J. R., & Freitas, S. R. (2022). Analysis of recovery methods' efficacy applied up to 72 hours postmatch in professional football: A systematic review with graded recommendations. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(9), 1326–1342. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2022-0038>
- Ranchordas, M. K., Dawson, J. T., & Russell, M. (2017). Practical nutritional recovery strategies for elite soccer players when limited time separates repeated matches. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 35. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0193-8>
- Roberts, L. A., Raastad, T., Markworth, J. F., Figueiredo, V. C., Egner, I. M., Shield, A., Cameron-Smith, D., Coombes, J. S., & Peake, J. M. (2015). Post-exercise

- cold water immersion attenuates acute anabolic signalling and long-term adaptations in muscle to strength training. *The Journal of Physiology*, 593(18), 4285–4301. <https://doi.org/10.1113/JP270570>
- Swinbourne, R., Miller, J., Smart, D., Dulson, D. K., & Gill, N. (2018). The effects of sleep extension on sleep, performance, immunity and physical stress in rugby players. *Sports*, 6(2), 42. <https://doi.org/10.3390/sports6020042>
- Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 501–528. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>
- Thorpe, R. T. (2021). Post-exercise recovery: Cooling and heating, a periodized approach. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 707503. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.707503>
- Vatne, E., Oliva-Lozano, J. M., Saenz, C., Cost, R., & Hagen, J. (2025). Post-exercise recovery modalities in male and female soccer players of all ages and competitive levels: A systematic review. *Sports*, 13(10), 343. <https://doi.org/10.3390/sports13100343>
- Van Hooren, B., & Peake, J. M. (2018). Do we need a cool-down after exercise? A narrative review of the psychophysiological effects and the effects on performance, injuries and the long-term adaptive response. *Sports Medicine*, 48(7), 1575–1595. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0916-2>
- Walsh, N. P., Halson, S. L., Sargent, C., Roach, G. D., Nédélec, M., Gupta, L., Leeder, J., Fullagar, H. H. K., Coutts, A. J., Edwards, B. J., Pullinger, S. A., Robertson, C. M., Burniston, J. G., Lastella, M., Le Meur, Y., Hausswirth, C., Bender, A. M., Grandner, M. A., & Samuels, C. H. (2021). Sleep and the athlete: Narrative review and 2021 expert consensus recommendations. *British Journal of Sports Medicine*, 55(7), 356–368. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102025>
- Zouhal, H., Ben Abderrahman, A., Jayavel, A., Hackney, A. C., Laher, I., Saeidi, A., Rhibi, F., & Granacher, U. (2024). Effects of passive or active recovery regimes applied during long-term interval training on physical fitness in healthy trained and untrained individuals: A systematic review. *Sports Medicine - Open*, 10, 21. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00673-0>

DOKUZUNCU BÖLÜM

SPORCULARDA ENERJİ KULLANILABİLİRLİĞİ VE ENERJİ DENGESİ

Dr. Öğr. Üyesi İsmail BELLİ

Sportif performans yalnızca antrenman uyaranının büyüklüğüyle değil, bu uyarıyı karşılayacak enerji ve besin öğelerinin doğru zamanda sağlanmasıyla gelişir. Sporcu, bir yandan kas kasılması, termoregülasyon ve toparlanma için enerji harcarken diğer yandan hücrel bakım, bağışıklık, kemik dönüşümü, hormon üretimi, büyüme ve üreme gibi temel fizyolojik işlevleri sürdürmek zorundadır. Enerji alımının antrenman ve günlük yaşamın toplam maliyetiyle uyumsuz hâle gelmesi, başlangıçta fark edilmeyen ancak zaman içinde sağlık ve performansı etkileyebilen bir enerji açığı oluşturabilir (Areta vd., 2021; Mountjoy vd., 2023).

Spor bilimlerinde enerji dengesi ile enerji kullanılabilirliği birbirine yakın fakat aynı olmayan iki kavramdır. Enerji dengesi, enerji alımı ile toplam günlük enerji harcaması arasındaki farkı ve vücut enerji depolarının zaman içindeki değişimini açıklar. Enerji kullanılabilirliği ise egzersizin enerji maliyeti çıkarıldıktan sonra yağsız vücut kütlelerinin her kilogramı başına temel fizyolojik işlevler için kalan enerji miktarını ifade eder. Bu nedenle vücut ağırlığının kısa süre içinde değişmemesi, sporcunun fizyolojik işlevler için yeterli enerjiye sahip olduğunu tek başına göstermez (Loucks vd., 2011; Areta vd., 2021).

Düşük enerji kullanılabilirliği, bazı sporcularda istemli ağırlık veya vücut kompozisyonu yönetimi sırasında kısa süreli ve kontrollü olarak görülebilir; bazen de yoğun antrenman, iştah baskılanması, seyahat, besine erişim güçlüğü, yanlış beslenme bilgisi veya düzensiz yeme davranışı nedeniyle istemsiz biçimde ortaya çıkar. Güncel yaklaşım, her düşük değeri hastalık olarak nitelendirmek yerine maruziyetin şiddetini, süresini, sıklığını, gün içi dağılımını ve sporcunun bireysel yanıtını birlikte değerlendirmektedir. Şiddetli ve/veya uzamış düşük enerji kullanılabilirliği problemlili hâle geldiğinde Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) olarak adlandırılan sağlık ve performans sorunlarıyla ilişkilendirilebilir (Melin vd., 2024; Mountjoy vd., 2023).

Bu bölümün amacı; enerji dengesi ve enerji kullanılabilirliğinin kavramsal ayrımını açıklamak, hesaplama ve ölçüm yöntemlerinin sınırlılıklarını göstermek, problemlili düşük enerji kullanılabilirliğinin olası nedenlerini ve sonuçlarını değerlendirmek ve antrenörler ile performans ekipleri için güvenli bir tarama, yönlendirme, izleme ve önleme çerçevesi sunmaktır. Bölümde, REDs modelinin güçlü yönlerinin yanı sıra

kanıtların sınırları ve alternatif açıklamaların gerekliliği de ele alınmaktadır (Jeukendrup vd., 2024; Lodge vd., 2026).

9.1. Temel Kavramlar

Tablo 50. Enerji yönetiminde temel kavramlar

Kavram	Tanım	Uygulamadaki anlamı
Enerji alımı (EA _i)	Besin ve içeceklerden gün boyunca alınan metabolize edilebilir enerji.	Toplam miktarın yanında öğün dağılımı, makro besin yapısı ve antrenman çevresindeki zamanlama değerlendirilir.
Toplam günlük enerji harcaması (TGEH)	Dinlenme metabolizması, besinin termik etkisi, egzersiz ve egzersiz dışı hareketlerin toplamı.	Enerji dengesi hesabının harcama tarafıdır; ölçümü serbest yaşam koşullarında zordur.
Egzersiz enerji harcaması (EEH)	Planlı egzersiz veya antrenmana atfedilen enerji maliyeti.	Enerji kullanılabilirliği hesabında kullanılan bileşendir; brüt ve net hesaplama seçimi sonucu değişir.
Enerji dengesi	Enerji alımı ile toplam günlük enerji harcaması arasındaki fark.	Uzun dönemli ağırlık ve enerji depoları değişimini açıklar.
Enerji kullanılabilirliği (EK)	Egzersiz maliyeti çıkarıldıktan sonra fizyolojik işlevler için kalan enerjinin YVK'ye oranı.	Büyüme, üreme, kemik, bağışıklık, metabolizma ve toparlanma için kalan enerjiyi kavramsallaştırır.
Düşük enerji kullanılabilirliği (DEK)	Fizyolojik işlevleri tam desteklemeye yetmeyen enerji kullanılabilirliği.	Şiddet, süre ve bireysel duyarlılığa göre uyarlanabilir veya problemli olabilir.
REDs	Problemli DEK ile ilişkili fizyolojik ve/veya psikolojik işlev bozulması modeli.	Tek bir belirtiyle tanı konmaz; klinik değerlendirme ve ayırıcı tanı gerekir.

Not. EA_i: enerji alımı; EEH: egzersiz enerji harcaması; EK: enerji kullanılabilirliği; YVK: yağsız vücut kütlesi; REDs: Relative Energy Deficiency in Sport.

9.1.1. Enerji Dengesi

Enerji dengesi, belirli bir zaman aralığında enerji alımından toplam günlük enerji harcamasının çıkarılmasıyla hesaplanır. Sonuç pozitif olduğunda enerji depolarında artış, negatif olduğunda azalma eğilimi beklenir; ancak kısa dönemli vücut ağırlığı değişimleri su, glikojen, bağırsak içeriği ve hormonal dalgalanmalardan da etkilenir. Bu nedenle günlük tartım sonucu, enerji dengesinin doğrudan ve kusursuz ölçümü değildir.

Enerji Dengesi (kcal/gün) = Enerji Alımı – Toplam Günlük Enerji Harcaması

Toplam günlük enerji harcaması; dinlenme metabolizma hızı, besinin termik etkisi, planlı egzersiz, antrenman dışı fiziksel aktivite ve çevresel termoregülasyon maliyetlerinden oluşur. Organizma uzun süreli enerji açığına dinlenme metabolizmasını ve kendiliğinden hareketi azaltarak uyum sağlayabildiği için enerji dengesi, yalnızca alınan ve harcanan kalorilerin sabit olduğu mekanik bir eşitlik olarak yorumlanmamalıdır (Areta vd., 2021).

9.1.2. Enerji Kullanılabilirliği

Enerji kullanılabilirliği, egzersiz enerji harcaması karşılandıktan sonra kalan enerjinin yağsız vücut kütlelerine oranlanmasıyla ifade edilir. YVK'ye oranlama, metabolik olarak aktif dokuların büyüklüğünü hesaba katmayı amaçlar. Kavram, enerji alımının yalnızca performans için değil, egzersiz dışındaki yaşamsal işlevler için ne ölçüde yeterli olduğunu değerlendirmeye yardımcı olur (Loucks vd., 2011).

$$\text{EK (kcal/kg YVK/gün)} = [\text{Enerji Alımı (kcal/gün)} - \text{EEH (kcal/gün)}] \div \text{YVK (kg)}$$

Temel ayrım: Enerji dengesi toplam günlük harcamayı; enerji kullanılabilirliği ise yalnızca egzersiz maliyeti çıkarıldıktan sonra fizyolojik işlevler için kalan enerjiyi temel alır.

Enerji Dengesi ve Enerji Kullanılabilirliği



Vücut ağırlığı sabit görünürken enerji kullanılabilirliği düşük olabilir.

Şekil 40. Enerji dengesi ile enerji kullanılabilirliğinin kavramsal karşılaştırması
Not. Şekil, Areta vd. (2021), Loucks vd. (2011) ve Taguchi ve Manore (2022) temel alınarak yazar tarafından özgün olarak oluşturulmuştur.

9.1.3. Örnek Hesaplama

Aşağıdaki örnek, hesabın mantığını göstermek için hazırlanmıştır. Bir sporcunun bir günlük enerji alımı 3000 kcal, egzersiz enerji harcaması 900 kcal ve yağsız vücut kütlesi 60 kg olsun. Bu durumda enerji kullanılabilirliği 35 kcal/kg YVK/gün olarak hesaplanır. Ancak tek günlük sonuç, klinik durum veya uzun dönemli risk hakkında tek başına karar vermek için yeterli değildir.

Tablo 51. Enerji kullanılabilirliği için örnek hesaplama

Bileşen	Değer	İşlem / yorum
Enerji alımı	3000 kcal/gün	Besin ve içeceklerden alınan toplam enerji
Egzersiz enerji harcaması	900 kcal/gün	Tanımlanan antrenmanın net enerji maliyeti
Egzersiz sonrası kalan enerji	2100 kcal/gün	$3000 - 900$
Yağsız vücut kütlesi	60 kg	Geçerli bir vücut kompozisyonu yöntemiyle tahmin
Enerji kullanılabilirliği	35 kcal/kg YVK/gün	$2100 \div 60$
Karar	Tek başına tanı değildir	Çok günlük örüntü, semptomlar, sağlık ve performans verileriyle birlikte değerlendirilir.

Not. Rakamlar öğretim amaçlı varsayımsal bir örnektir; klinik eşik olarak kullanılmamalıdır.

9.1.4. Enerji Dengesi ile Enerji Kullanılabilirliği Neden Farklı Sonuç Verebilir?

Bir sporcu kısa dönemde enerji dengesi sıfıra yakın görünürken düşük enerji kullanılabilirliği yaşayabilir. Bunun nedeni organizmanın enerji açığına uyum sağlamak için dinlenme metabolizması, üreme işlevi, kemik yapımı veya egzersiz dışı aktivite gibi süreçleri baskılayabilmesidir. Böyle bir durumda vücut ağırlığı geçici olarak sabit kalabilir; fakat bu sabitlik fizyolojik yeterliliği göstermez. Ters durumda, kısa süreli negatif enerji dengesi yaşayan bir sporcunun enerji kullanılabilirliği antrenman çevresinde yeterli beslenme ve sınırlı egzersiz maliyeti nedeniyle görece korunabilir (Areta vd., 2021).

Bu ayrım özellikle kilo kategorili, estetik ve yerçekimine karşı performansın önemli olduğu branşlarda kritiktir. Vücut ağırlığını azaltma hedefi, enerji kullanılabilirliğinin kontrolsüz biçimde düşürülmesini gerektirmez. Planlı ağırlık yönetimi; yeterli protein, karbonhidrat, mikro besin ve antrenman çevresi yakıtlanmasıyla, küçük ve izlenebilir enerji açığı üzerinden yürütülmelidir. Sağlık

belirtilerinin ortaya çıkması planın başarısı değil, yeniden değerlendirme gerektiren bir uyarıdır (Thomas vd., 2016; Mountjoy vd., 2023).

9.2. Ölçüm ve Hesaplama Sınırlılıkları

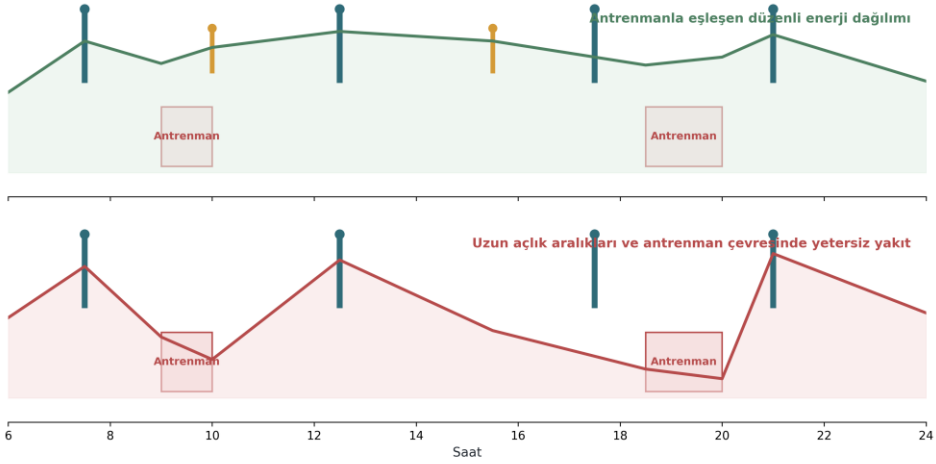
Enerji kullanılabilirliğinin matematiksel formülü basit görünse de üç bileşenin her biri önemli ölçüm hatası içerir: enerji alımı, egzersiz enerji harcaması ve yağsız vücut kütlesi. Serbest yaşam koşullarında besin kayıtları eksik bildirim, porsiyon tahmin hatası, kayıt sırasında yeme davranışının değişmesi ve ev dışı öğünlerin belirsizliği nedeniyle gerçek enerji alımını olduğundan düşük veya yüksek gösterebilir (Capling vd., 2017; Burke vd., 2018).

Egzersiz enerji harcaması da seçilen yöntemle göre değişir. Kalp atım hızı, GPS, ivmeölçer, aktivite tabloları ve cihaz algoritmaları aynı seans için farklı sonuçlar üretebilir. Brüt enerji harcamasının mı yoksa egzersiz sırasında dinlenmede harcanacak enerji çıkarıldıktan sonraki net maliyetin mi kullanılacağı açıkça belirtilmelidir. Taguchi ve Manore (2022), serbest yaşam koşullarında yalnızca planlı egzersizi hesaba katmanın diğer fiziksel aktivite maliyetlerini gözden kaçırabileceğini ve hesaplama yaklaşımının araştırma sorusuna göre tanımlanması gerektiğini vurgulamaktadır.

Yağsız vücut kütlesi DXA, hava deplasmanlı pletismografi, BIA veya deri kıvrımı yöntemleriyle tahmin edilebilir. Cihaz, hidrasyon, glikojen durumu, ölçüm saati ve kullanılan analiz yazılımı sonuçları etkiler. Aynı sporcunun izleminde mümkün olduğunca aynı cihaz, protokol ve analiz yöntemi kullanılmalıdır. Vücut kompozisyonu ölçümünün gereksiz sıklıkta yapılması veya sonuçların cezalandırıcı biçimde paylaşılması, beden memnuniyetsizliği ve kısıtlayıcı yeme davranışı riskini artırabileceğinden ölçümün etik amacı açık olmalıdır.

Tek günlük enerji kullanılabilirliği değeri, gün içindeki uzun enerji açığı pencerelerini de gizleyebilir. Günlük toplam enerji alımı yeterli görünmesine karşın antrenman öncesi ve sonrası saatlerde beslenmenin gecikmesi; glikojen yenilenmesini, toparlanmayı ve antrenman kalitesini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle özellikle yoğun programlarda günlük toplamla birlikte öğün sıklığı, antrenman çevresindeki karbonhidrat ve protein alımı ve uzun açlık süreleri de değerlendirilmelidir (Logue vd., 2020).

Aynı Günlük Toplam, Farklı Gün İçi Yakıt Eşleşmesi



Günlük enerji alımı benzer olsa da uzun süreli enerji açığı pencereleri fizyolojik yanıtı değiştirebilir.

Şekil 41. Benzer günlük enerji toplamına karşın farklı gün içi yakıt eşleşmesi örnekleri

Not. Şekil, gün içi enerji dağılımı yaklaşımını göstermek amacıyla Logue vd. (2020) temel alınarak yazar tarafından özgün olarak oluşturulmuştur.

Uygulama kuralı: Hesaplanan EK değeri, ölçüm belirsizliği nedeniyle bir “laboratuvar sonucu” gibi kesin kabul edilmemeli; çok günlük örüntü, klinik belirtiler ve performans verileriyle birlikte yorumlanmalıdır.

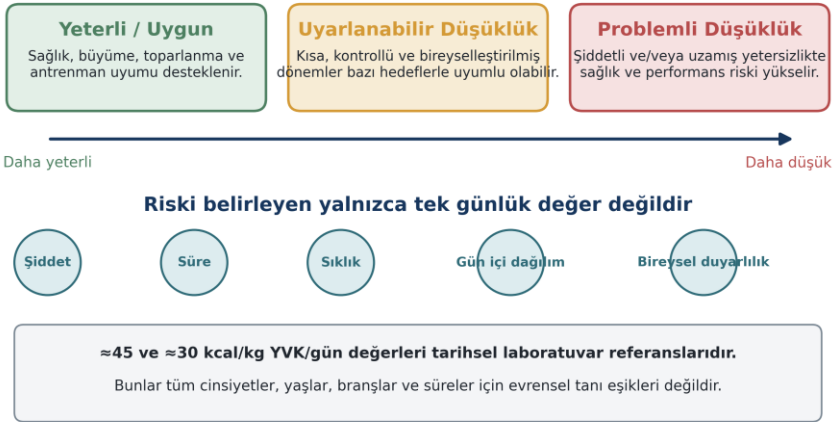
9.3. Yeterli, Uyarlanabilir ve Problemlili Düşük Enerji Kullanılabilirliği

Enerji kullanılabilirliği sürekli bir değişkendir. Tarihsel kontrollü çalışmalar, genç ve düzenli adet gören kadınlarda yaklaşık 45 kcal/kg YVK/gün düzeyini fizyolojik işlevlerin desteklenmesiyle, yaklaşık 30 kcal/kg YVK/gün ve altını ise kısa dönemli hormonal ve kemik dönüşümü değişimleriyle ilişkilendirmiştir. Bununla birlikte bu değerler tüm sporcular için evrensel tanı eşikleri değildir. Erkekler, ergenler, para sporcular, farklı branşlar ve farklı vücut kompozisyonlarına sahip bireyler için duyarlılık ve eşiklerin aynı olduğu varsayılmaz (Areta vd., 2021; Mountjoy vd., 2023).

Güncel yaklaşım, düşük enerji kullanılabilirliğini “uyarlanabilir” ve “problemlili” biçimleri arasında değerlendirmektedir. Kısa süreli, orta düzeyde, planlı ve profesyonel gözetim altında yürütülen bir enerji açığı bazı vücut kompozisyonu hedefleriyle uyumlu olabilir. Buna karşılık şiddetli, sık tekrarlanan veya uzamış düşük enerji kullanılabilirliği; sağlık belirtileri, performans düşüşü ve psikolojik

sorunlarla birlikte olduğunda problemli kabul edilir. Aynı ortalama değer, üç günde yoğun enerji açığıyla veya daha uzun sürede hafif açlıkla oluşabilir; fizyolojik sonuçlar maruziyet örüntüsüne göre farklılaşabilir (Melin vd., 2024).

Enerji Kullanılabilirliği Sürekliliği



Şekil 42. Enerji kullanılabilirliğinin yeterli düzeyden problemli düşüklüğe uzanan sürekliliği

Not. Şekil, Areta vd. (2021), Melin vd. (2024) ve Mountjoy vd. (2023) temel alınarak yazar tarafından özgün olarak oluşturulmuştur.

Bir değer problemli olup olmadığını belirlerken şu sorular birlikte yanıtlanmalıdır: Enerji açığı ne kadar şiddetli ve ne kadar uzun sürmektedir? Günler arasında tekrar ediyor mu? Sporcu büyüme veya ergenlik döneminde mi? Kemik stres yaralanması, adet düzensizliği, libido azalması veya tekrarlayan hastalık öyküsü var mı? Antrenman yanıtı ve ruh hâli bozuluyor mu? Ağırlık kaybı hedefi sağlık ekibi tarafından izleniyor mu? Bu bağlamsal değerlendirme, tek eşik merkezli yorumdan daha güvenlidir.

9.4. Düşük Enerji Kullanılabilirliğinin Nedenleri ve Risk Ortamları

DEK yalnızca yeme bozukluğunun sonucu değildir. Sporcu enerji ihtiyacını bilmeyebilir, yüksek antrenman hacmine rağmen öğün hazırlamak için zaman bulamayabilir, yoğun egzersiz sonrası iştahı baskılanabilir veya seyahat sırasında uygun besine erişemeyebilir. Bazı sporcularda kilo verme baskısı, beden memnuniyetsizliği, düzensiz yeme ya da klinik yeme bozukluğu temel etkindir. Nedenin doğru belirlenmesi, müdahalenin biçimini belirler; istemsiz yetersiz

beslenmeyle yeme bozukluğuna bağlı kısıtlama aynı yöntemle yönetilemez (Logue vd., 2020; Dave ve Fisher, 2022).

Tablo 52. Problemlili düşük enerji kullanılabilirliğine katkıda bulunabilecek durumlar

Alan	Örnekler	Önleyici yaklaşım
Antrenman yükü	Ani hacim artışı, çift seanslar, kamp, sık müsabaka, yüksek egzersiz enerji maliyeti	Yük değişiklikleriyle birlikte enerji gereksinimini güncellemek; seans çevresinde erişilebilir yakıt sağlamak
Beslenme lojistiği	Ders/iş programı, seyahat, maliyet, yiyecek hazırlama güçlüğü, tesis içinde besine erişememe	Taşınabilir ara öğün, takım yemek planı, seyahat menüsü, bütçeye uygun alternatifler
İştah ve GI tolerans	Yoğun egzersiz sonrası iştah baskılanması, sıcak, mide-bağırsak yakınmaları	Sıvı/kolay sindirilen enerji, küçük ve sık öğünler, GI değerlendirmesi
Vücut kompozisyonu baskısı	Kilo kategorisi, estetik değerlendirme, güç/ağırlık oranı, koç veya sosyal medya baskısı	Etik ölçüm politikası, gerçekçi hedef, yavaş değişim, gizlilik ve uzman gözetimi
Beslenme bilgisi	Karbonhidrat korkusu, “temiz beslenme” katılığı, yağdan kaçınma, yanlış takviye inancı	Spor diyetisyeni eğitimi, performans odaklı ve kişiselleştirilmiş mesajlar
Psikolojik / davranışsal	Düzensiz yeme, yeme bozukluğu, egzersiz bağımlılığı, kaygı, mükemmeliyetçilik	Erken tarama ve ruh sağlığı uzmanına yönlendirme; yalnız kalori reçetesi vermemek
Branş ve yaşam evresi	Dayanıklılık, estetik, kilo kategorili sporlar; ergenlik; sakatlık dönemi; para spor	Branşa ve yaşam evresine özgü enerji planı ve düzenli çok disiplinli takip

Not. Risk faktörü bulunması, tek başına REDs tanısı anlamına gelmez.

Özellikle dayanıklılık, estetik, kilo kategorili ve yerçekimine karşı performansın belirleyici olduğu branşlarda risk daha görünür olsa da takım sporları, güç sporları ve rekreasyonel düzeydeki sporcular da etkilenebilir. Erkek sporcularda düşük libido, sabah ereksiyonlarında azalma, kemik stres yaralanmaları, toparlanma güçlüğü ve performans düşüşü gibi sinyaller gözden kaçabilir. Cinsiyete dayalı kalıp yargılar, erkeklerde yetersiz tanınmaya neden olabilir (Mountjoy vd., 2023).

9.5. REDs ve Sporcu Triadı

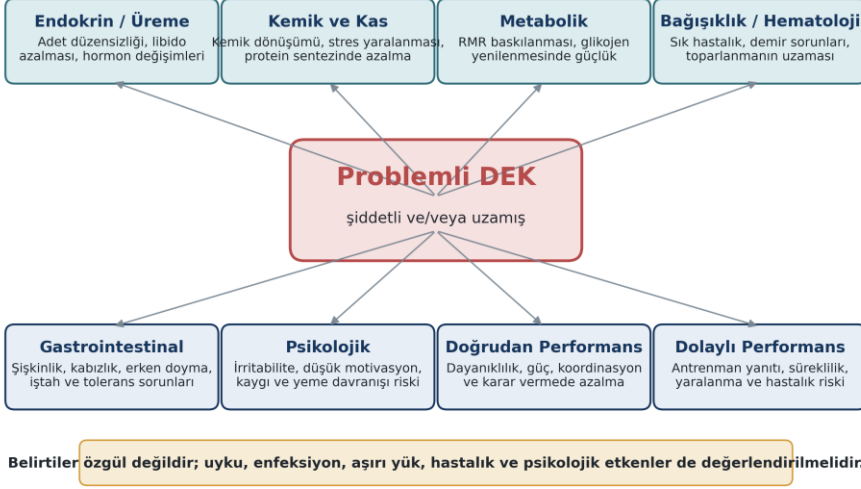
Kadın Sporcu Triadı, enerji kullanılabilirliği, adet işlevi ve kemik sağlığı arasındaki karşılıklı ilişkiyi açıklayan bir modeldir. Daha sonra erkek sporcularda da düşük enerji kullanılabilirliği, üreme-endokrin değişimleri ve kemik sağlığı arasındaki paralellikler tartışılmıştır. REDs modeli, bu çerçeveyi daha geniş bir fizyolojik ve psikolojik sistemler kümesine ve her cinsiyetten sporcuya genişletmiştir (Mountjoy vd., 2023).

REDs, problemlili düşük enerji kullanılabilirliğine maruz kalmayla ilişkili fizyolojik ve/veya psikolojik işlev bozulmasını ifade eden bir çerçevedir. Metabolik işlev, üreme işlevi, kas-iskelet sağlığı, bağışıklık, glikojen sentezi, hematolojik ve kardiyovasküler sağlık ile psikolojik işlevler bu çerçevede değerlendirilir. Ancak her belirti enerji yetersizliğine özgü değildir ve aynı belirti enfeksiyon, uyku kaybı, aşırı antrenman, demir eksikliği, tiroid hastalığı, gastrointestinal hastalık veya ruh sağlığı sorunlarından kaynaklanabilir. Bu nedenle REDs bir tarama etiketi değil, ayırıcı tanı gerektiren klinik bir değerlendirme alanıdır (Stellingwerff vd., 2023; Jeukendrup vd., 2024).

REDs modeline yönelik bilimsel tartışmalar, modelin tüm bileşenlerinin aynı güçte nedensel kanıtlarla desteklenmediğine dikkat çekmektedir. Kontrollü deneylerin çoğu kısa sürelidir ve çoğunlukla kadınlarda yürütülmüştür; birçok saha çalışması ise enerji kullanılabilirliğini doğrudan ölçmek yerine anketler veya dolaylı göstergeler kullanır. Bu sınırlılıklar modelin klinik uyarı değerini ortadan kaldırmaz; fakat bulguların “tek neden-tek sonuç” biçiminde yorumlanmaması, sağlık merkezli ve çok faktörlü bir yaklaşım kullanılması gerektiğini gösterir (Areta vd., 2021; Jeukendrup vd., 2024).

9.6. Sağlık Üzerindeki Olası Etkiler

Problemli Düşük Enerji Kullanılabilirliğinin Olası Sonuçları



Şekil 43. Problemli düşük enerji kullanılabilirliğiyle ilişkilendirilen sağlık ve performans alanları.

Not. Şekil, Logue vd. (2020), Melin vd. (2024) ve Mountjoy vd. (2023) temel alınarak yazar tarafından özgün olarak oluşturulmuştur.

9.6.1. Endokrin ve Üreme İşlevleri

Enerji yetersizliği, organizmanın büyüme ve üreme gibi enerji maliyeti yüksek işlevleri azaltmasına yol açabilir. Kadınlarda adet döngüsü uzaması, düzensiz kanama veya amenore; erkeklerde libido azalması ve bazı durumlarda testosteronla ilişkili değişimler görülebilir. Hormonal kontraseptif kullanımı spontan adet döngüsünü maskeleyebileceğinden değerlendirme yalnızca kanama varlığına dayanmamalıdır. Adet düzensizliği sporun normal sonucu olarak kabul edilmemeli ve gebelik, polikistik over sendromu, tiroid bozukluğu ve diğer nedenler dışlanmalıdır (Dave ve Fisher, 2022; Mountjoy vd., 2023).

9.6.2. Kemik Sağlığı ve Kas Dokusu

Kemik oluşumu enerji yetersizliğine duyarlıdır. Problemli DEK; kemik yapım belirteçlerinde azalma, kemik mineral yoğunluğunda olumsuzluk ve kemik stres yaralanması riskinde artışla ilişkilendirilmiştir. Ergenlik ve genç erişkinlik, tepe kemik kütlelerinin kazanıldığı dönem olduğu için yetersiz enerji ve adet işlev bozukluğu özellikle önemlidir. Kas dokusunda ise protein sentezi, glikojen

yenilenmesi ve antrenman uyumu zayıflayabilir. Yüksek etkili egzersiz kemik için uyarıcı olsa da enerji ve besin yetersizliğinin temel nedenini ortadan kaldırmaz (Hutson vd., 2021; Areta vd., 2021).

9.6.3. Metabolik ve Kardiyovasküler İşlevler

Uzamış enerji yetersizliğinde dinlenme metabolizma hızı beklenenden düşük olabilir; T3, leptin ve insülin gibi enerji durumu ile ilişkili göstergelerde değişiklikler görülebilir. Bradikardi, ortostatik yakınmalar, üşüme ve düşük vücut sıcaklığı ciddi enerji yetersizliğinin belirtileri arasında değerlendirilebilir; ancak iyi antrene dayanıklılık sporcularında düşük dinlenme kalp hızı fizyolojik adaptasyon da olabilir. Klinik yorum, sporcunun önceki değerleri ve semptomlarıyla birlikte yapılmalıdır (Areta vd., 2021; Mountjoy vd., 2023).

9.6.4. Bağışıklık, Hematoloji ve Gastrointestinal İşlevler

Tekrarlayan hastalık, yaraların geç iyileşmesi, demir eksikliği, anemi benzeri bulgular ve gastrointestinal yakınmalar problemli DEK ile birlikte görülebilir. Düşük toplam enerji alımı, demir, kalsiyum, D vitamini, çinko ve folat gibi mikro besinlerin yetersizliğini de kolaylaştırır. Bununla birlikte demir eksikliği; kan kaybı, hemoliz, düşük biyoyararlanım veya gastrointestinal hastalıklar nedeniyle de oluşabilir. Şişkinlik, kabızlık, erken doyma ve karın ağrısı enerji alımını daha da azaltarak çift yönlü bir döngü oluşturabilir (Logue vd., 2020; Thomas vd., 2016).

9.6.5. Psikolojik İşlevler ve Yeme Davranışı

Düşük enerji kullanılabilirliği ile iritabilite, düşük motivasyon, konsantrasyon güçlüğü, depresif belirtiler ve kaygı arasında ilişkiler bildirilmiştir. Ancak psikolojik sorunlar hem sonuç hem neden olabilir: beden memnuniyetsizliği veya kaygı enerji kısıtlamasını başlatabilir; uzamış yetersiz beslenme ise duygu durumunu kötüleştirebilir. Yeme bozukluğu şüphesinde performans personeli tek başına beslenme hedefi vermemeli, spor hekimi, spor diyetisyeni ve ruh sağlığı uzmanının yer aldığı bir ekip süreci başlatılmalıdır (Dave ve Fisher, 2022; Mountjoy vd., 2023).

Tablo 53. İzlemede dikkate alınabilecek sağlık ve performans sinyalleri

Alan	Olası sinyaller	Değerlendirme notu
Enerji / davranış	Öğün atlama, kısıtlayıcı kurallar, karbonhidrat korkusu, sık tartılma	İstemsiz lojistik sorun ile düzensiz yeme/yeme bozukluğu ayrılmalıdır.
Üreme-endokrin	Adet düzensizliği, amenore, düşük libido, sabah ereksiyonlarında azalma	Yaş, kontraseptif, gebelik, endokrin hastalık ve ilaçlar değerlendirilir.
Kemik-kas	Kemik stres yaralanması, tekrarlayan ağrı, kuvvet kaybı, geç toparlanma	Yaralanma yükü, teknik, zemin, D vitamini ve kemik sağlığı birlikte ele alınır.
Metabolik-kardiyovasküler	Beklenmeyen RMR baskılanması, üşüme, baş dönmesi, ortostatik yakınma	Antrenman adaptasyonu ile klinik risk ayrımı hekim tarafından yapılır.
Bağışıklık-hematoloji	Sık hastalık, demir eksikliği, uzamış iyileşme	Enfeksiyon, kan kaybı ve besin emilim sorunları dışlanır.
Gastrointestinal	Şişkinlik, kabızlık, erken doyma, karın ağrısı	GI hastalıkları ve enerji yetersizliği arasındaki çift yönlü ilişki değerlendirilir.
Psikolojik	İrritabilite, düşük motivasyon, anksiyete, depresif belirti	Ruh sağlığı ve yeme bozukluğu riski gizlilik içinde değerlendirilir.
Performans	Dayanıklılık, güç, koordinasyon, karar verme ve antrenman yanıtında düşüş	Yük, uyku, hastalık, çevre ve teknik-taktik etkenler de incelenir.

Not. Bu tablo tanı aracı değildir; birden çok sinyalin sürekliliği profesyonel değerlendirme gerektirir.

9.7. Performans ve Antrenman Uyumu

Problemlili DEK performansı doğrudan ve dolaylı yollarla etkileyebilir. Doğrudan etkiler arasında dayanıklılık, güç, koordinasyon, konsantrasyon ve karar vermede düşüş; dolaylı etkiler arasında ise antrenman yanıtının zayıflaması, hastalık ve yaralanma nedeniyle kaçırılan günlerin artması ve toparlanmanın uzaması bulunur. Performans sonuçlarının araştırılması sağlık sonuçlarına kıyasla daha sınırlı olsa da güncel derlemeler, şiddetli veya uzamış DEK ile performans kaybı arasında tutarlı risk sinyalleri bildirmektedir (Melin vd., 2024; Gallant vd., 2025).

Kısa dönemli ağırlık kaybı güç/ağırlık oranını geçici olarak iyileştirebilir; ancak kayıp yağsız kütle, glikojen, sıvı veya antrenman kalitesi pahasına gerçekleşiyorsa yarışma performansına olumlu yansımaz. Bu nedenle başarı yalnızca tartı veya vücut yağ yüzdesiyle değil, sağlık, performans, toparlanma ve sürdürülebilirlik göstergeleriyle değerlendirilmelidir.

Karbonhidrat kullanılabilirliği, toplam enerji kullanılabilirliğiyle ilişkili ancak ayrı bir kavramdır. Yeterli toplam enerji alımı varken bazı seansların düşük karbonhidratla planlanması ile hem enerji hem karbonhidratın kronik olarak yetersiz olması aynı değildir. Yüksek şiddetli ve yoğun antrenman bloklarında düşük karbonhidrat alımı glikojen yenilenmesini, bağışıklık yanıtını, antrenman kalitesini ve toparlanmayı olumsuz etkileyebilir. Yakıt stratejisi seansın amacıyla eşleştirilmelidir (Thomas vd., 2016; Melin vd., 2024).

9.8. Özel Gruplarda Değerlendirme

9.8.1. Çocuk ve Ergen Sporcular

Ergen sporcular, antrenmana ek olarak büyüme ve olgunlaşma için enerjiye ihtiyaç duyar. Büyüme atağı, okul programı, aileden bağımsızlaşan öğün düzeni ve beden imajı baskısı risk yaratabilir. Boy uzamasında yavaşlama, gecikmiş puberte, adet düzensizliği, kemik stres yaralanması veya belirgin yorgunluk erken değerlendirilmelidir. Ergenlerde kilo kaybı programları hekim ve spor diyetisyeni gözetimi olmadan uygulanmamalıdır (Dave ve Fisher, 2022).

9.8.2. Erkek Sporcular

Erkeklerde problemlili DEK daha az görünür olabilir ve adet döngüsü gibi kolay izlenen bir gösterge bulunmaz. Düşük libido, sabah ereksiyonlarının azalması, tekrarlayan kemik stres yaralanmaları, beklenmeyen performans düşüşü ve ruh hâli değişimleri önemlidir. Erkeklere yönelik anketlerin doğrulama düzeyi kadınlara yönelik araçlarla aynı değildir; bu nedenle tek bir erkek tarama puanı klinik tanı yerine geçmez (Lodge vd., 2026).

9.8.3. Para Sporcular

Para sporcularda vücut kompozisyonu, kas kütlesi dağılımı, otonom işlev, yardımcı cihaz kullanımı ve günlük yaşam enerji maliyeti standart hesapların geçerliliğini değiştirebilir. EEH ve YVK tahminleri bireysel anatomi ve fonksiyon düzeyine uyarlanmalıdır. Enerji gereksiniminin otomatik olarak daha düşük kabul edilmesi yetersiz beslenmeye yol açabilir; ekip, sporcunun fonksiyonel sınıfı ve gerçek yükünü dikkate almalıdır.

9.8.4. Kilo Kategorili ve Estetik Branşlar

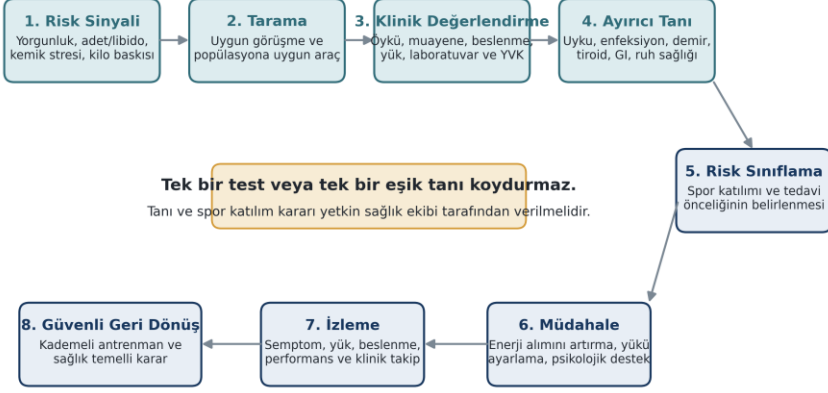
Hızlı kilo verme, sıvı kısıtlaması, açlık, aşırı terleme ve tekrarlayan “kilo kesme” uygulamaları enerji kullanılabilirliği, hidrasyon ve performans üzerinde ek risk oluşturur. Vücut kompozisyonu değerlendirmesi seçme, cezalandırma veya alay aracı olarak kullanılmamalıdır. Hedefler sezonun uygun dönemine yerleştirilmeli, değişim hızı sınırlanmalı ve yarışma öncesi akut uygulamalar sağlık ekibi tarafından yönetilmelidir.

9.8.5. Tarama ve Klinik Değerlendirme

Enerji kullanılabilirliği ve REDs için tek bir altın standart test yoktur. En güvenli yaklaşım; risk davranışlarını, belirtileri, tıbbi öyküyü, antrenman yükünü, beslenmeyi ve nesnel bulguları aşamalı biçimde birleştirmektir. IOC REDs CAT2; (1) uygun bir anket veya klinik görüşmeyle tarama, (2) birincil ve ikincil göstergelerle şiddet/risk değerlendirmesi ve (3) hekim liderliğinde tanı ve yönetim olmak üzere üç aşamalı bir çerçeve sunar. Araç, eğitimli klinik profesyonellerin kullanımına yöneliktir ve düzeltilmesi yayımlanmış güncel çevrimiçi sürüm esas alınmalıdır (Stellingwerff vd., 2023).

LEAF-Q, belirli kadın sporcu gruplarında risk taraması amacıyla geliştirilmiştir ve Türkçe uyarlaması bulunmaktadır; ancak her kadın sporcu popülasyonunda aynı geçerliği gösterdiği varsayılmaz. Erkeklerle yönelik LEAM-Q’nun doğrulama süreci ve diğer birçok tarama aracının psikometrik özellikleri sınırlıdır. 2026 tarihli metodolojik inceleme, mevcut araçların çoğunda geçerlik, güvenilirlik, duyarlılık ve özgüllük bilgilerinin eksik veya popülasyona özgü olduğunu göstermektedir. Bu nedenle anket sonucu “REDs var/yok” kararı üretmemeli; ayrıntılı değerlendirme için uyarı görevi görmelidir (Arslan ve Ercan, 2024; Lodge vd., 2026; Sim ve Burns, 2021).

Enerji Kullanılabilirliği Riskinde Değerlendirme ve Yönetim Akışı



Şekil 44. Enerji kullanılabilirliği riskinde tarama, klinik değerlendirme ve yönetim akışı

Not. Şekil, Lodge vd. (2026), Sim ve Burns (2021) ve Stellingwerff vd. (2023) temel alınarak yazar tarafından özgün olarak oluşturulmuştur.

Tablo 54. Enerji kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde yöntemler ve sınırlılıkları

Yöntem	Sağladığı bilgi	Başlıca sınırlılık
Besin kaydı / görüşme	Enerji, makro besin, öğün zamanlaması ve davranış örüntüsü	Eksik bildirim, porsiyon hatası, kayıt etkisi; spor diyetisyeni yorumu gerekir
Egzersiz ve yük kaydı	Seans süresi, şiddet, EEH ve yük değişimi	Cihaz/algoritma farkı; net-brüt EEH tanımı; direnç antrenmanında tahmin güçlüğü
Vücut kompozisyonu	YVK ve zaman içindeki değişim	Hidrasyon ve cihaz hatası; ölçümün psikolojik ve etik etkileri
Dinlenme metabolizma hızı	Beklenen değere göre metabolik baskılanma hakkında yardımcı bilgi	Tek başına özgül değildir; protokol, önceki egzersiz, uyku ve beslenmeden etkilenir
Klinik öykü ve muayene	Adet/libido, yaralanma, hastalık, GI, kardiyovasküler ve ruh sağlığı belirtileri	Öz bildirim ve mahremiyet; diğer hastalıklarla belirtilerin çakışması
Laboratuvar testleri	Demir, kan sayımı, tiroid, üreme hormonları, metabolik ve diğer klinik göstergeler	Tek bir normal sonuç riski dışlamaz; zamanlama ve referans aralığı önemlidir
Tarama anketleri	Büyük gruplarda düşük maliyetli risk işaretleme	Popülasyon dışı kullanım, düşük/eksik psikometri, yanlış pozitif/negatif olasılığı
IOC REDs CAT2	Çoklu göstergelerle hekim liderliğinde risk sınıflama ve katılım kararı	Klinik eğitim gerektirir; tanı tek puana indirgenemez; güncel sürüm kullanılmalıdır

Not. Hiçbir yöntem tek başına kesin tanı sağlamaz; sonuçlar çok disiplinli ekip tarafından birleştirilmelidir.

9.8.6. Ayırıcı Tanı ve Güvenlik

Yorgunluk, performans düşüşü, adet düzensizliği, düşük libido veya kemik ağrısı görüldüğünde yalnızca enerji yetersizliğine odaklanmak hatalı olabilir. Demir eksikliği, tiroid hastalığı, çölyak ve diğer emilim bozuklukları, enfeksiyon, ilaçlar, gebelik, polikistik over sendromu, uyku bozukluğu, depresyon, anksiyete, aşırı antrenman ve primer kemik hastalıkları değerlendirilebilir. Şiddetli baş dönmesi, senkop, belirgin bradikardi veya ortostatik bozukluk, hızlı kilo kaybı,

ciddi yeme bozukluğu bulgusu ya da tekrarlayan kemik stres yaralanması acil/öncelikli tıbbi değerlendirme gerektirir.

9.9. Yönetim ve Müdahale İlkeleri

Temel tedavi hedefi, fizyolojik işlevleri ve antrenman gereksinimini destekleyecek enerji kullanılabilirliğini yeniden sağlamaktır. Bu hedef enerji alımını artırarak, egzersiz enerji harcamasını geçici olarak azaltarak veya her ikisini birlikte uygulayarak gerçekleştirilebilir. Müdahale, enerji açığının nedeni ve ciddiyetine göre bireyselleştirilir. Yeme bozukluğu veya ciddi tıbbi risk varsa spor katılımı ve tedavi kararı hekim liderliğindeki ekip tarafından verilir (Stellingwerff vd., 2023).

Tablo 55. Müdahale planının temel bileşenleri

Hedef	Uygulama örnekleri	İzleme
Enerji alımını artırmak	Öğün/ara öğün eklemek; enerji yoğunluğu artırmak; sıvı toparlanma içecekleri; seyahat planı	Enerji kaydı, açlık-tokluk, GI tolerans, vücut ağırlığı eğilimi
Antrenman çevresini yakıtlamak	Seans öncesi karbonhidrat; uzun seanslarda yakıt; seans sonrası karbonhidrat + protein	Seans kalitesi, toparlanma, glikojen gereksinimi, sonraki seans performansı
Egzersiz maliyetini ayarlamak	Geçici hacim azaltma; çift seanslı tekleştirme; düşük öncelikli kondisyonu azaltma	RPE, yorgunluk, semptomlar, performans ve sağlık göstergeleri
Makro besin yeterliliği	Karbonhidratı seans amacına göre dönemlemek; proteini gün içine yaymak; yağ alımını aşırı kısıtlamamak	Öğün dağılımı, toparlanma, antrenman uyumu ve beslenme toleransı
Mikro besinleri düzeltmek	Demir, kalsiyum, D vitamini ve diğer eksikliklerde test-temelli yaklaşım	Laboratuvar ve klinik izlem; gereksiz takviyeden kaçınma
Psikolojik destek	Beden imajı, kaygı, yeme bozukluğu, egzersiz bağımlılığı için uzman tedavisi	Ruh sağlığı, davranışsal hedefler, güvenli spor katılımı
Eğitim ve çevre	Koç, aile, mutfak ve sağlık ekibinde ortak mesaj; ağırlık konuşmalarını sınırlama	Politika uyumu, yiyeceğe erişim, sevk ve takip süreçleri

Not. Müdahale örnekleri klinik reçete değildir; sporcuya özgü plan, yetkin sağlık ve beslenme profesyonellerince hazırlanmalıdır.

9.9.1. Beslenme Zamanlaması ve Makro Besinler

Toplam enerji artırılırken yalnızca akşam büyük bir öğün eklemek yerine enerji gün içine ve antrenman çevresine dağıtılmalıdır. Yoğun antrenman günlerinde karbonhidrat alımı çalışma hacmiyle uyumlu olmalı; protein 3–5 beslenme fırsatına yayılmalı; yağ alımı hormon üretimi, enerji yoğunluğu ve yağda çözünen vitaminler için gereksiz yere sınırlandırılmamalıdır. Seans sonrası iştah düşükse süt, yoğurt, smoothie, sandviç veya benzeri taşınabilir ve tolere edilen seçenekler kullanılabilir. Besin tercihi kültür, bütçe, alerji, etik tercih ve GI toleransa göre düzenlenmelidir (Thomas vd., 2016).

Beslenme eğitimi tek başına her vakayı çözmez; ancak yanlış bilgi ve lojistik kaynaklı yetersizliklerde etkili olabilir. Genç kadın sporcularda diyetisyen tarafından yürütülen yapılandırılmış eğitim, spor beslenmesi bilgisini ve enerji kullanılabilirliğini artırabilmiştir. Eğitim, kilo korkusu üretmeyen, performans ve sağlık ilişkisini açıklayan ve uygulanabilir davranış hedeflerine dönüşen bir yapıda olmalıdır (Tektunalı Akman vd., 2024).

9.9.2. Antrenman Yükünün Düzenlenmesi

Enerji alımının hızla artırılamadığı veya ciddi semptomların bulunduğu durumlarda, düşük öncelikli antrenman bileşenlerinin azaltılması gerekebilir. Hacim azaltılırken teknik beceri, rehabilitasyon ve psikolojik iyilik hâli korunabilir. Sporcuya dinlenmenin “zayıflık” değil tedavinin bir parçası olduğu açıklanmalıdır. Tam kısıtlama ile tam katılım arasında, sağlık durumuna göre kademeli katılım seçenekleri planlanabilir; ancak risk sınıflaması ve spora dönüş kararı yetkin klinik ekip tarafından verilmelidir.

9.9.3. Çok Disiplinli Ekip

İdeal ekipte spor hekimi veya ilgili hekim, spor diyetisyeni, psikolog/psikiyatrist, antrenör, fizyoterapist ve gerektiğinde endokrinoloji, jinekoloji, gastroenteroloji veya pediatri uzmanı yer alır. Ekip içi iletişimde sporcunun gizliliği ve onamı korunmalı; performans personeline yalnızca güvenli antrenman kararı için gerekli bilgi aktarılmalıdır. Bir profesyonelin değerlendirmesi diğerinin yerini tutmaz.

9.10. Önleme: Birincil, İkincil ve Üçüncül Yaklaşım

Birincil önleme, problem ortaya çıkmadan spor ortamını güvenli hâle getirmeyi amaçlar. Koç ve sporcu eğitimi, antrenman alanında uygun yiyeceğe erişim, etik vücut kompozisyonu politikası, genç sporcularda büyüme izlemi ve kilo merkezli dilin sınırlandırılması bu kapsamdadır. Kurum, kilo verme talebinin kim tarafından ve hangi gerekçeyle verilebileceğini açıkça tanımlamalıdır. Bu

yaklaşım; sporcu, antrenör, aile ve kurum düzeyinde eğitim ile çevresel düzenlemelerin birlikte yürütülmesini gerektirir (Torstveit vd., 2023).

İkincil önleme, erken risk sinyallerini belirlemeye odaklanır. Sezon öncesi sağlık değerlendirmesi; adet/libido, kemik stres yaralanması, yeme davranışı, beslenme lojistiği, uyku, ruh sağlığı ve yük geçmişini kapsayabilir. Tarama araçları yalnızca uygun popülasyonda ve yönlendirme yolu hazır olduğunda kullanılmalıdır. Anket yapıp riskli sporcuyla destek hizmetine ulaştırılamamak etik değildir (Lodge vd., 2026; Torstveit vd., 2023).

Üçüncül önleme, tanı almış veya önemli belirtileri bulunan sporcuda komplikasyonları, nüksü ve spordan uzun süre uzak kalmayı azaltmayı hedefler. Tedavi sonrası enerji planı, antrenman yükü, psikolojik destek ve klinik göstergeler birlikte izlenir. Sporcu kendisini daha iyi hissetse bile kemik sağlığı veya hormonal toparlanma daha uzun sürebilir; izlem semptomların ilk düzelmesiyle sonlandırılmamalıdır. Nüksün önlenmesi, tedavi uyumu ve güvenli spora dönüş üçüncül önlemin temel parçalarıdır (Torstveit vd., 2023).

9.11.Antrenör ve Performans Ekibi İçin İzleme

Antrenörün görevi tanı koymak değil, performans ve sağlık örüntülerindeki değişimi fark ederek doğru kişiye yönlendirmektir. İzleme, sporcuyu kontrol etmek veya yeme davranışını cezalandırmak için değil, desteklemek için kullanılmalıdır. Günlük veya haftalık kısa izlemde yük, uyku, enerji düzeyi, kas ağrısı, ruh hâli, iştah, hastalık ve performans göstergeleri birlikte değerlendirilebilir.

Tablo 56. Uygulamada haftalık enerji-yük izleme kontrol listesi

Kontrol alanı	Sorulabilecek soru	Eylem gerektiren örüntü
Yakıt erişimi	Sporcu ana ve ara öğünlere, antrenman öncesi/sonrası yakıtı erişebiliyor mu?	Birden çok gün öğün atlama veya seans çevresinde yakıtsız kalma
Yük değişimi	Bu hafta süre, şiddet, çift seans veya müsabaka sayısı arttı mı?	Yük artarken enerji planının değişmemesi
Toparlanma	Uyku, kas ağrısı, yorgunluk ve sonraki seans kalitesi nasıl?	Kalıcı yorgunluk, giderek düşen performans veya toparlanma süresinde uzama
Sağlık	Hastalık, kemik ağrısı, baş dönmesi, GI yakınma veya adet/libido değişimi var mı?	Tekrarlayan/uzayan belirti, kemik stres şüphesi veya senkop
Davranış	Kilo, beden veya yiyecek konusunda katı/anksiyeteli davranış görüldü mü?	Hızlı kilo kaybı, gizli kısıtlama, telafi egzersizi, yeme bozukluğu işareti
Yönlendirme	Sporcu kiminle, ne zaman ve gizlilik içinde görüşebilir?	Belirsiz sevk yolu veya riskli sporcunun takip edilmemesi

Not. Kontrol listesi klinik tanı aracı değildir; kırmızı bayraklar sağlık profesyoneline yönlendirilmelidir.

9.11.1. Uygulama Örneği

Bir takım sporcusunda üç haftalık yoğun fiktür sırasında sabah iştahsızlığı, öğle yemeğini atlama, performans düşüşü ve artan kas ağrısı gözlemlendiğini düşünelim. İlk adım, “sporcuda REDs vardır” sonucuna varmak değil; yük artışı, uyku, enfeksiyon, demir durumu, beslenme erişimi, psikolojik stres ve yeme davranışını birlikte değerlendirmektir. Spor diyetisyeni öğün ve antrenman kaydını incelerken hekim klinik öykü ve gerekli testleri yürütür; antrenör geçici yük ayarlaması yapar. Öğünlerin taşınabilir hâle getirilmesi, seans öncesi karbonhidrat ve seans sonrası enerji-protein desteği, uyku fırsatının artırılması ve takip eden haftalarda performans/sempptom izlemi birlikte uygulanır.

Bu örnekte müdahalenin başarısı yalnızca vücut ağırlığındaki değişimle değerlendirilmez. Antrenman kalitesi, öznel enerji, uyku, hastalık, kas ağrısı, adet/libido, GI tolerans, laboratuvar bulguları ve performans göstergelerindeki eğilim izlenir. Sorunun altında yeme bozukluğu veya ciddi klinik durum bulunursa, beslenme ve antrenman planı uzman tedavi sürecine göre yeniden düzenlenir.

9.12.Yaygın Hatalar ve Bilimsel Düzeltmeler

“Vücut ağırlığı sabitse enerji yeterlidir” yaklaşımı: Metabolik uyum ve sıvı değişimleri ağırlığı geçici olarak sabit tutabilir. Enerji kullanılabilirliği, sağlık ve performans verileri ayrıca değerlendirilmelidir.

“30 kcal/kg YVK/gün altı herkeste REDs demektir” yaklaşımı: Tarihsel referanslar çoğunlukla kısa dönemli kadın laboratuvar çalışmalarına dayanır. Evrensel bir tanı eşiği yoktur; süre, şiddet, cinsiyet, yaş, branş ve klinik bulgular birlikte ele alınır.

“Anket puanı tanı koyar” yaklaşımı: Tarama araçları risk işaretler; tek başına tanı koymaz. 2026 değerlendirmesi birçok aracın psikometrik sınırlılıklarını göstermektedir (Lodge vd., 2026).

“Düşük enerji kullanılabilirliği yalnızca kadın sporcuların sorunudur” yaklaşımı: Erkekler, ergenler, para sporcular ve farklı branşlardan sporcular da etkilenebilir; belirtiler ve ölçüm sınırları farklı olabilir.

“Sorun yalnızca daha fazla kalori yemektir” yaklaşımı: Lojistik, GI yakınma, beden imajı, yeme bozukluğu, finansal erişim, antrenman yükü ve takım kültürü gibi nedenler müdahaleye dâhil edilmelidir.

“Her performans düşüşü REDs’tir” yaklaşımı: Belirtiler özgül değildir. Uyku, enfeksiyon, aşırı antrenman, demir eksikliği, endokrin ve psikolojik nedenler için ayırıcı tanı gerekir (Jeukendrup vd., 2024).

Kaynakça

- Areta, J. L., Taylor, H. L., & Koehler, K. (2021). Low energy availability: History, definition and evidence of its endocrine, metabolic and physiological effects in prospective studies in females and males. *European Journal of Applied Physiology*, 121(1), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04516-0>
- Arslan, E., & Ercan, S. (2024). Turkish adaptation, validity, and reliability study of the Low Energy Availability in Females Questionnaire (LEAF-Q). *Turkish Journal of Sports Medicine*, 59(4), 141–147. <https://doi.org/10.47447/tjism.0844>
- Burke, L. M., Lundy, B., Fahrenholtz, I. L., & Melin, A. K. (2018). Pitfalls of conducting and interpreting estimates of energy availability in free-living athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(4), 350–363. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0142>
- Capling, L., Beck, K. L., Gifford, J. A., Slater, G., Flood, V. M., & O'Connor, H. (2017). Validity of dietary assessment in athletes: A systematic review. *Nutrients*, 9(12), 1313. <https://doi.org/10.3390/nu9121313>
- Dave, S. C., & Fisher, M. (2022). Relative energy deficiency in sport (RED-S). *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, 52(8), 101242. <https://doi.org/10.1016/j.cppeds.2022.101242>
- Gallant, T. L., Ong, L. F., Wong, L., Sparks, M., Wilson, E., Puglisi, J. L., & Gerriets, V. A. (2025). Low energy availability and relative energy deficiency in sport: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 55(2), 325–339. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02130-0>
- Hutson, M. J., O'Donnell, E., Brooke-Wavell, K., & Blagrove, R. C. (2021). Effects of low energy availability on bone health in endurance athletes and high-impact exercise as a potential countermeasure: A narrative review. *Sports Medicine*, 51(3), 391–403. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01396-4>
- Jeukendrup, A. E., Areta, J. L., Van Genechten, L., Langan-Evans, C., Pedlar, C. R., Rodas, G., Sale, C., & Walsh, N. P. (2024). Does Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) syndrome exist? *Sports Medicine*, 54(11), 2793–2816. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02108-y>

- Lodge, M. T., Catrambone, Z. R., Kraus, E., Cirella, S. M., Logan, N. E., & Ward-Ritacco, C. L. (2026). From validation to application: A methodological review of relative energy deficiency in sport (REDs) screening. *Performance Nutrition*, 2, Article 5. <https://doi.org/10.1186/s44410-026-00020-2>
- Logue, D. M., Madigan, S. M., Melin, A., Delahunt, E., Heinen, M., McDonnell, S.-J., & Corish, C. A. (2020). Low energy availability in athletes 2020: An updated narrative review of prevalence, risk, within-day energy balance, knowledge, and impact on sports performance. *Nutrients*, 12(3), 835. <https://doi.org/10.3390/nu12030835>
- Loucks, A. B., Kiens, B., & Wright, H. H. (2011). Energy availability in athletes. *Journal of Sports Sciences*, 29(Suppl. 1), S7–S15. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.588958>
- Melin, A. K., Areta, J. L., Heikura, I. A., Stellingwerff, T., Torstveit, M. K., & Hackney, A. C. (2024). Direct and indirect impact of low energy availability on sports performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 34(1), e14327. <https://doi.org/10.1111/sms.14327>
- Mountjoy, M., Ackerman, K. E., Bailey, D. M., Burke, L. M., Constantini, N., Hackney, A. C., Heikura, I. A., Melin, A., Pensgaard, A. M., Stellingwerff, T., Sundgot-Borgen, J. K., Torstveit, M. K., Uhrenholdt Jacobsen, A., Verhagen, E., Budgett, R., Engebretsen, L., & Erdener, U. (2023). 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). *British Journal of Sports Medicine*, 57(17), 1073–1098. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106994>
- Sim, A., & Burns, S. F. (2021). Review: Questionnaires as measures for low energy availability (LEA) and relative energy deficiency in sport (RED-S) in athletes. *Journal of Eating Disorders*, 9, Article 41. <https://doi.org/10.1186/s40337-021-00396-7>
- Stellingwerff, T., Mountjoy, M., McCluskey, W. T. P., Ackerman, K. E., Verhagen, E., & Heikura, I. A. (2023). Review of the scientific rationale, development and validation of the International Olympic Committee Relative Energy Deficiency in Sport Clinical Assessment Tool: V.2 (IOC REDs CAT2)—By a subgroup of the IOC consensus on REDs. *British Journal of Sports Medicine*, 57(17), 1109–1121. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106914>

- Taguchi, M., & Manore, M. M. (2022). Reexamining the calculations of exercise energy expenditure in the energy availability equation of free-living athletes. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 885631. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.885631>
- Tektunalı Akman, C., Gönen Aydın, C., & Ersoy, G. (2024). The effect of nutrition education sessions on energy availability, body composition, eating attitude and sports nutrition knowledge in young female endurance athletes. *Frontiers in Public Health*, 12, 1289448. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1289448>
- Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 501–528. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>
- Torstveit, M. K., Ackerman, K. E., Constantini, N., Holtzman, B., Koehler, K., Mountjoy, M., Pearce, E., Stellingwerff, T., Sundgot-Borgen, J., & Melin, A. (2023). Primary, secondary and tertiary prevention of Relative Energy Deficiency in Sport (REDs): A narrative review by a subgroup of the IOC consensus on REDs. *British Journal of Sports Medicine*, 57(17), 1119–1128. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106932>

ONUNCU BÖLÜM

SPOR TEKNOLOJİLERİ VE VERİ ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Özgür DOĞAN

Spor performansı; fiziksel kapasite, teknik beceri, taktik davranış, psikolojik durum ve müsabaka bağlamının etkileşimiyle ortaya çıkar. Bu çok boyutlu yapının değerlendirilmesinde kronometre ve video gibi temel araçlardan giyilebilir sensörlere, konumlandırma sistemlerine, kuvvet platformlarına ve yapay zekâ uygulamalarına uzanan geniş bir teknoloji ekosistemi kullanılmaktadır. Güncel sistemler yalnızca daha fazla veri üretmemekte; hareket, fizyolojik yanıt, teknik-taktik davranış ve öznel deneyim gibi farklı veri türlerinin birlikte incelenmesini de mümkün kılmaktadır (Passos vd., 2021; Seçkin vd., 2023).

Spor ile teknoloji arasındaki ilişki yeni değildir; değişen unsur, ölçümün kapsamı ve sürekliliğidir. Kronometre, manuel notasyon ve tek kameralı kayıtlar belirli anları değerlendirirken güncel sensör ağları aynı sporcudan saniyede çok sayıda ölçüm üretebilmektedir. Böylece yalnızca laboratuvar testleri değil, antrenman ve müsabaka içindeki gerçek davranışlar da uzun dönemli olarak takip edilebilmektedir. Bu dönüşüm, kesitsel değerlendirmeden boylamsal sporcu profiline geçişi desteklerken veri hacmi, standardizasyon ve yorumlama sorunlarını da büyütmektedir (Camomilla vd., 2018; Seshadri vd., 2021).

Teknolojik ölçüm, verinin kendiliğinden bilgiye dönüşmesi anlamına gelmez. Bir cihaz çıktısının yararlı olabilmesi için ölçülen yapının açıkça tanımlanması, geçerlik ve güvenilirliğin incelenmesi, protokolün standardize edilmesi ve sonucun spor dalının bağlamında yorumlanması gerekir. Aynı isimle sunulan hız, yük veya hareket değişkenleri farklı cihazlarda değişik örnekleme frekansları, filtreleme yöntemleri ve algoritmalarla hesaplanabilir. Bu nedenle cihazlar ve yazılımlar arasındaki değerler doğrudan eş değer kabul edilmemelidir (Brosnan vd., 2022; Guppy vd., 2023).

Spor verisinin değer zinciri ölçümden önce başlar ve veri toplama, temizleme, sınıflandırma, analiz, görselleştirme, yorumlama ve geri bildirim aşamalarını kapsar. Sürecin amacı mümkün olan en fazla değişkeni kaydetmek değil, belirli bir araştırma veya uygulama sorusuna güvenilir yanıt üretmektir. Antrenör, spor bilimci ve sağlık ekibi için gerekli bilgi düzeyi farklı olduğundan aynı veri, hedef kullanıcıya uygun biçimde özetlenmelidir (Thornton vd., 2019; West vd., 2021).

Sayısal değerler bağlamdan ayrıldığında yanıltıcı olabilir. Aynı toplam mesafe farklı hız dağılımlarından, aynı sıçrama yüksekliği farklı kuvvet üretim stratejilerinden ve aynı kalp atım hızı farklı çevresel koşullardan oluşabilir. Bu nedenle ham değer, hesaplama yöntemi ve ölçüm koşulları birlikte saklanmalı; raporlar yalnızca “arttı” veya “azaldı” ifadeleriyle sınırlanmamalıdır. Değişimin büyüklüğü, ölçüm hatası, sporcunun olağan değişkenliği ve uygulama açısından anlamı birlikte sunulmalıdır (Hopkins vd., 2009; Thornton vd., 2019).

Video analizi, bilgisayarlı görü ve makine öğrenmesi; oyuncu ve top takibi, hareket tanıma, performans sınıflandırması ve risk örüntülerinin araştırılmasında yeni olanaklar sağlamaktadır. Bununla birlikte mevcut veri setinde yüksek doğruluk gösteren bir model farklı sporcular, kameralar veya yarışma ortamlarında aynı başarıyı göstermeyebilir. Küçük ve homojen örneklem, veri sızıntısı ve dış doğrulama eksikliği, model performansını olduğundan yüksek gösterebilir (Claudino vd., 2019; Cust vd., 2019).

Teknoloji kullanımı sporcu mahremiyeti, onam, veri mülkiyeti ve algoritmik yanlışlık sorunlarını da beraberinde getirir. Konum, uyku, kalp atım hızı ve sağlık geçmişi gibi veriler performans yönetiminin ötesinde kişisel sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle teknolojik sistemler antrenörün veya klinisyenin kararının yerini alan otomatik otoriteler değil; ölçüm belirsizliğini, bireysel bağlamı ve etik sorumlulukları dikkate alan karar destek araçları olarak kullanılmalıdır (Karkazis ve Fishman, 2017; Sperlich vd., 2023). Bu bölümde temel spor teknolojileri, veri yönetimi ve analiz süreci, uygulama alanları ile yapay zekâ, ölçüm kalitesi ve etik sorunlar bütüncül olarak ele alınmaktadır.

Etkili kullanım aynı zamanda örgütsel kapasite gerektirir. Cihazın seçimi kadar ölçümü kimin yapacağı, veriyi kimin kontrol edeceği, sonuçların ne zaman paylaşılacağı ve olağan dışı bulguda hangi sürecin işletileceği belirlenmelidir. Sporcuya yalnızca veri sağlayan pasif bir kaynak gibi yaklaşmak yerine ölçümün amacı ve sonucu açıklanmalı, geri bildirim iki yönlü yürütülmelidir. Kullanılmayan veya anlaşılmayan göstergelerin sistemden çıkarılması, hem veri kalitesini hem de sporcu uyumunu artırabilir (West vd., 2021).

10.1. Spor Bilimlerinde Kullanılan Teknolojiler ve Veri Kaynakları

Spor teknolojileri sporcunun gerçekleştirdiği dış yükü, organizmanın iç yanıtını, hareket tekniğini ve oyun davranışını farklı ölçüm düzeylerinde değerlendirir. Konumlandırma sistemleri saha üzerindeki yer değiştirmeyi; ataletsel sensörler ivme ve yönelimi; kalp atım hızı ve biyosensörler fizyolojik yanıtı; kuvvet platformları ve hareket yakalama sistemleri kinetik ve kinematik özellikleri; video analizi ise teknik-taktik olayları kaydeder. Bu çıktılar doğrudan ölçülen

sinyaller ile üretici algoritmalarından türetilen değişkenleri birlikte içerir; türetilmiş değişkenlerin tanımı ve hesaplama yöntemi raporlanmalıdır (Helwig vd., 2023; Seçkin vd., 2023).

Teknoloji sınıfları birbirinin alternatifi olmaktan çok farklı sorulara yanıt veren araçlardır. Konum verisi sporcunun sahada ne yaptığını, kalp atım hızı bu işin kardiyovasküler maliyetini, kuvvet platformu kısa süreli nöromusküler performansı, video ise hareketin oyun bağlamını açıklar. Birden fazla sistemin eş zamanlı kullanılması daha bütüncül değerlendirme sağlayabilir; ancak zaman senkronizasyonu, ölçüm birimi, sporcu kimliği ve örnekleme frekansı uyumlu değilse veri birleştirme yeni hata kaynakları oluşturur. Bu nedenle teknoloji seçimi, veri entegrasyonu planıyla birlikte yapılmalıdır (Helwig vd., 2023).

10.1.1. Giyilebilir ve Konumlandırma Teknolojileri

Giyilebilir teknolojiler vücuda, giysiye veya ekipmana yerleştirilen sensörlerle hareket ve fizyolojik veriyi saha koşullarında kaydeder. Süreci büyük ölçüde kesintiye uğratmadan tekrarlı ölçüm sağlamaları güçlü yönleridir; ancak kullanım kolaylığı bilimsel geçerliği garanti etmez. Sensör yerleşimi, sabitleme, pil ve bağlantı sorunları, yazılım güncellemeleri ve kapalı üretici algoritmaları veri kalitesini etkileyebilir (Camomilla vd., 2018; Schumann ve Doherty, 2024).

Giyilebilir sistemlerin uzun dönemli kullanımında uygulanabilirlik ayrı bir kalite boyutudur. Cihazın sporcuyla rahatsız etmesi, antrenman rutinini kesintiye uğratması veya günlük olarak fazla işlem gerektirmesi veri eksikliğini artırabilir. Suyu dayanıklılık, pil ömrü, veri aktarım süresi, depolama altyapısı ve teknik destek saha uygulamasında bilimsel ölçüm özellikleri kadar önemlidir. Ayrıca üretici platformundan ham verinin dışa aktarılabilmesi, algoritma veya cihaz değiştiğinde geçmiş kayıtların korunması açısından değerlendirilmelidir (Dawson vd., 2024; Seçkin vd., 2023).

10.1.1.1. GPS/GNSS sistemleri

GPS adı yaygın kullanılmakla birlikte güncel cihazların çoğu birden fazla uydu ağından yararlanan küresel navigasyon uydu sistemleridir (GNSS). Açık alan sporlarında konum, toplam mesafe, hız bölgeleri, yüksek hızlı koşu, sprint ve hızlanma-yavaşlama verisi üretirler. Toplam mesafe gibi uzun süreli göstergeler, kısa süreli maksimum hız veya ani yön değiştirme değişkenlerinden genellikle daha güvenilirdir. Örnekleme frekansı, uydu geometrisi, çevresel engeller, hareketin hızı ve yönü ile veri filtreleme ayarları sonucu değiştirir. Bu nedenle aynı sporcunun mümkün olduğunca aynı cihazla takip edilmesi ve cihaz

değişimlerinin kaydedilmesi önerilir (Brosnan vd., 2022; Dawson vd., 2024; Ferraz vd., 2023).

Hız bölgelerinin tanımı uygulama sonucunu doğrudan etkiler. Sabit bir yüksek hız eşiği, maksimal sürati farklı iki sporcuda aynı görelî şiddeti temsil etmeyebilir. Bireysel maksimal hız veya aerobik kapasiteye göre belirlenen eşikler sporcuya özgü yorum sağlar; buna karşılık araştırmalar arası karşılaştırmayı zorlaştırabilir. Hızlanma ve yavaşlama sayıları da kullanılan eşik, olayın asgari süresi ve filtreleme yöntemine bağlıdır. Bu nedenle raporda yalnızca sonuç değil, eşik ve hesaplama kuralı da belirtilmelidir (Ferraz vd., 2023).

10.1.1.2. Yerel konumlandırma sistemleri

Yerel konumlandırma sistemleri (LPS), spor alanı çevresindeki sabit alıcılarla sporcu veya top üzerindeki vericiler arasındaki iletişime dayanır. Uydu sinyalinin zayıf olduğu salonlarda oyuncu ve top konumu, hız, ivmelenme ve oyuncular arası mesafe gibi göstergeleri sağlayabilir. Sistemin doğruluğu alıcı yerleşimi, kalibrasyon, sensör konumu, hareket türü ve üretici algoritmasına bağlıdır; bir sistem için bildirilen geçerlik aynı sınıftaki tüm ürünlere genellenemez (Blauberger vd., 2021; Rico-González vd., 2020).

LPS verileri yalnızca fiziksel yük için değil, takımın saha kullanımını değerlendirmek için de kullanılabilir. Oyuncular arası uzaklık, takımın uzunluğu ve genişliği, topa göre konum ve belirli alanlarda geçirilen süre teknik-taktik analizle ilişkilendirilebilir. Ancak konumsal değişkenlerin anlamı spor dalının kuralları, saha boyutu, mevki ve oyun planına bağlıdır. Top ve oyuncu takibinin aynı sistemde doğrulanması, taktik olayların zamanının doğru belirlenmesi açısından özellikle önemlidir (Blauberger vd., 2021).

10.1.1.3. Ataletsel ölçüm birimleri

Ataletsel ölçüm birimleri (IMU) çoğunlukla ivmeölçer, jiroskop ve manyetometreyi birleştirir. Koşuda adım ve gövde hareketi, sıçramada iniş yükü, yüzmede kulaç, kuvvet antrenmanında tekrar ve hız gibi değişkenlerin belirlenmesinde kullanılabilir. Ancak tek bir gövde sensörü yerel eklem yükünü doğrudan ölçmez; sensörün anatomik konumu, eksen yönelimi, örnekleme frekansı ve filtreleme yöntemi sonuçların karşılaştırılabilirliği için sabit tutulmalıdır. IMU ile GPS/LPS'nin birlikte kullanılması konumsal ve mekanik bilgiyi tamamlayabilir (Camomilla vd., 2018; O'Reilly vd., 2018).

IMU verilerinden üretilen “oyuncu yükü”, darbe veya hareket sınıfı gibi göstergeler çoğu kez ham ivme sinyalinden algoritmik olarak türetilir. Aynı hareketin farklı cihazlarda farklı puan üretmesi mümkündür. Algoritmanın spor

dalına ve hedef harekete karşı referans bir yöntemle doğrulanması gerekir. Aktivite tanıma modellerinde sensörün yer değiştirmesi veya farklı vücut özellikleri sınıflandırma başarısını azaltabilir; saha kullanımı öncesinde tekrar edilebilirlik ve cihazlar arası uyum değerlendirilmelidir (Camomilla vd., 2018; O'Reilly vd., 2018).

10.1.2. Fizyolojik ve Biyomekanik Ölçüm Teknolojileri

10.1.2.1. Kalp atım hızı ve HRV

Kalp atım hızı, özellikle sürekli ve ritmik dayanıklılık çalışmalarında iç yükün değerlendirilmesinde yaygındır. Kısa süreli, aralıklı veya kuvvet ağırlıklı çalışmalarda mekanik talebi tam olarak temsil etmeyebilir. Göğüs bantları kalbin elektriksel sinyalini, bilek tabanlı optik cihazlar ise kan hacmi değişimini kaydeder; hareket artefaktı ve sensör teması özellikle optik ölçümü etkileyebilir. Kalp atım hızı değişkenliği (HRV) otonom düzenlenmeye ilişkin dolaylı bilgi sunar, fakat ölçüm saati, pozisyon, solunum, kafein, uyku ve psikolojik stres standardize edilmelidir. Tek günlük değer yerine bireysel eğilimler daha anlamlıdır (Schneider vd., 2018; Saw vd., 2016).

Kalp atım hızı bölgelerinde geçirilen süre veya kalp atım hızı rezervine dayalı puanlar, antrenman iç yükünü özetleyebilir. Bununla birlikte sıcaklık, sıvı durumu, hastalık, yükseklik ve önceki yorgunluk aynı dış yükte kalp atım hızını değiştirebilir. Bu duyarlılık bir sınırlılık olduğu kadar bireysel yanıtı belirlemek için fırsattır. Yorum, koşu mesafesi veya güç çıktısı gibi standartlaştırılmış dış yüklerle birlikte yapıldığında antrenmanın fizyolojik maliyeti daha iyi anlaşılabilir (Schneider vd., 2018; Helwig vd., 2023).

10.1.2.2. Elektromiyografi

Yüzey elektromiyografisi (EMG), kas aktivasyonu sırasında oluşan elektriksel sinyali deri üzerinden kaydeder. Aktivasyon zamanı, kaslar arası koordinasyon ve belirli bir görevin nöromüsküler talebi incelenebilir. EMG genliği doğrudan kas kuvvetine eşit değildir; deri altı doku, elektrot yerleşimi ve yönü, hareket artefaktı, sinyal işleme ve normalizasyon sonucu etkiler. Kablosuz sistemler saha kullanımını kolaylaştırır da protokol ayrıntıları raporlanmadan farklı seans ve sporcuların karşılaştırılması güvenilir değildir (Felici ve Del Vecchio, 2020).

Dinamik spor hareketlerinde elektrot kablosu ve sensör hareketi sinyal gürültüsünü artırabilir. Terleme ve tekrarlanan temaslar elektrot–deri arayüzünü değiştirirken yüzey EMG derin kasları veya aynı bölgedeki komşu kasları seçici biçimde ölçmekte sınırlıdır. Bu nedenle EMG, tek başına performans veya yorgunluk göstergesi olarak değil, kinematik ve kuvvet verileriyle birlikte görev

sırasında kas katılımını açıklayan bir araç olarak kullanılmalıdır (Felici ve Del Vecchio, 2020).

10.1.2.3. Kuvvet platformları, hareket yakalama ve biyosensörler

Kuvvet platformları yer tepki kuvveti, impuls, güç, kuvvet gelişim hızı ve basınç merkezi gibi değişkenler üretir. Karşı hareketli sıçramada yalnızca sıçrama yüksekliği değil, hareket stratejisini gösteren kuvvet–zaman değişkenleri de değerlendirilmelidir (Anicic vd., 2023). Çift platform, ekstremitelerin ayrı incelenmesini sağlar; ancak küçük asimetrliler ölçüm hatası ve doğal değişkenlik dikkate alınmadan klinik anlam taşımayabilir.

Kuvvet platformu değerlendirmesinde vücut ağırlığı belirleme süresi, örnekleme frekansı, sıçrama başlangıç ve bitiş eşikleri ile filtreleme yöntemi hesaplanan değişkenleri etkiler. Kol kullanımı, çömelme derinliği, ayak yerleşimi ve verilen talimat standardize edilmelidir. Basınç platformları ve sensörlü tabanlıklar plantar basınç dağılımı, temas süresi ve basınç merkezi hareketini saha koşullarında takip edebilir; sensör aşınması, ayakkabı içi yerleşim ve kalibrasyon uzun dönem karşılaştırmada kontrol edilmelidir.

İşaretleyici tabanlı optik hareket yakalama ayrıntılı eklem ve segment kinematiği sağlarken yüksek maliyet, sınırlı alan ve yumuşak doku artefaktından etkilenir. İşaretleyicisiz sistemler standart kameralarla eklem noktalarını tahmin ederek saha kullanımını kolaylaştırır; ölçüm kalitesi eklem, hareket düzlemine, kamera sayısına ve görüntü koşullarına göre değişir (Adesida vd., 2019; Armitano-Lago vd., 2022; Yoma vd., 2025). Ter veya deri üzerinden elektrolit, glikoz ve laktat gibi göstergeleri hedefleyen biyosensörler umut vericidir; fakat saha geçerliği, örnekleme ve biyolojik yorum açısından daha fazla standardizasyona ihtiyaç vardır (Passos vd., 2021).

Biyosensörlerde ölçülen konsantrasyonun kan düzeyini doğrudan temsil ettiği varsayılmamalıdır. Terleme hızı, çevre sıcaklığı, sensörün ciltteki konumu, örneğin kirlenmesi ve ölçüm gecikmesi sonucu değiştirebilir. Tek kullanımlık sensörlerin üretim farklılığı ve tekrar kalibrasyonu da uzun dönem takibi güçleştirir. Bu sistemler hidrasyon veya metabolik durumla ilgili karar vermeden önce laboratuvar referansı ve saha koşullarında doğrulanmalı; klinik yorum gerektiren bulgular sağlık ekibinin değerlendirmesi olmadan kullanılmamalıdır (Passos vd., 2021; Schumann ve Doherty, 2024).

Hareket yakalamada anatomik model seçimi ve işaretleyicilerin yerleştirilmesi eklem açılarında sistematik fark oluşturabilir. İşaretleyicisiz modellerde ise eğitim veri setinde az temsil edilen vücut yapıları, kıyafetler veya hareketler daha

yüksek hataya yol açabilir. Özellikle hızlı, çok düzlemli ve vücut bölümlerinin birbirini örttüğü görevlerde iki ve üç boyutlu sonuçlar aynı doğrulukta değildir. Sistem kullanılacağı hareket ve eklem için ayrı ayrı doğrulanmalıdır (Armitano-Lago vd., 2022; Yoma vd., 2025).

10.1.2.4. Video Analizi ve Bilgisayarlı Görü

Video analizi, teknik ve taktik olayların önceden tanımlanmış kategorilerle kodlanmasına dayanır. Manuel notasyonun güvenilirliği açık tanımlar, gözlemci eğitimi ve gözlemciler arası uyumla ilişkilidir. Kamera tabanlı takip sistemleri oyuncu ve top konumundan mesafe, hız, takım genişliği ve oyuncular arası uzaklık gibi değişkenler üretebilir. Görüşün kapanması, kamera kalibrasyonu ve oyuncuların birbirine yaklaşması doğruluğu azaltabilir (Sarmento vd., 2014).

Teknik-taktik veri seti oluşturulurken olayın başlangıç ve bitiş kuralları, başarının tanımı ve bağlamsal etiketler önceden belirlenmelidir. Örneğin “başarılı savunma” veya “baskı altında şut” gibi kategoriler gözlemciye göre değişebileceğinden örnek görüntülerle kodlama kılavuzu hazırlanmalıdır. Aynı kayıtların bağımsız gözlemcilerce yeniden kodlanması, yalnızca yüzdesel uyumla değil tesadüfi uyumu dikkate alan ölçülerle de değerlendirilmelidir. Bu süreç otomatik modeller için kullanılan etiketlerin kalitesini de belirler (Sarmento vd., 2014).

Bilgisayarlı görü; görüntüdeki oyuncu, top, eklem noktası ve hareketlerin algoritmik olarak tanınmasını sağlar. Derin öğrenme, otomatik hareket sınıflandırması ve insan eylemi tanımında yaygınlaşmıştır. Modelin farklı sporcular, kamera açıları ve müsabaka ortamlarında test edilmesi; eğitim ve test verilerinin sporcu düzeyinde ayrılması gerekir. Aksi hâlde aynı sporcunun benzer görüntülerinin iki veri grubunda bulunması veri sızıntısına ve yapay olarak yüksek doğruluğa yol açabilir (Cust vd., 2019; Host ve Ivašić-Kos, 2022). Teknolojilerin veri türleri ve temel sınırlılıkları Tablo 1’de özetlenmiştir.

Otomatik hareket tanıma sistemleri uzun video arşivlerini hızlı tarayabilir, insan gözlemcinin kaçırabileceği tekrarlı örüntüleri belirleyebilir ve gerçek zamanlı geri bildirim sağlayabilir. Buna karşılık modelin hata türü uygulama amacına göre değerlendirilmelidir. Nadir fakat önemli bir olayın kaçırılması ile sıradan bir hareketin yanlış sınıflandırılması aynı sonuç doğurmaz. Performans ölçütleri sınıf bazında raporlanmalı ve uygulayıcıların hatalı çıktıyı inceleyebileceği insan denetimli bir süreç kurulmalıdır (Cust vd., 2019; Host ve Ivašić-Kos, 2022).

Tablo 57. İlgili cihazlar

Teknoloji	Temel veri	Başlıca kullanım	Temel sınırlılık
GPS/GNSS	Konum, mesafe, hız	Açık alan yük takibi	Kapalı alan ve ani yön değişiminde hata
LPS	Oyuncu/top konumu, hız	Salon ve saha konumsal takibi	Altyapı, kalibrasyon, sisteme özgü doğrulama
IMU	İvme, açısal hız, darbe	Hareket yükü ve teknik analiz	Yerleşim, filtreleme ve algoritma bağımlılığı
Kalp atım hızı	Kalp atım hızı ve bölgeler	İç yük ve egzersiz şiddeti	Fizyolojik ve cihaz kaynaklı etkiler
EMG	Kas aktivasyon zamanı ve sinyal	Koordinasyon ve nöromüsküler talep	Elektrot, artefakt ve normalizasyon
Kuvvet platformu	Kuvvet, impuls, güç	Sıçrama, iniş ve denge	Saha erişimi ve çoklu değişken yorumu
Hareket yakalama	Eklem ve segment kinematiki	Biyomekanik analiz	Maliyet, ölçüm alanı ve artefakt
Video	Olay, oyuncu/top ve poz	Müsabaka ve hareket analizi	Görüntü koşulları ve model genellenebilirliği
Biyosensör	Ter ve biyokimyasal göstergeler	Hidrasyon ve fizyolojik durum	Saha geçerliliği ve standardizasyon

Uygun teknoloji en fazla değişkeni üreten değil, uygulama sorusuna geçerli, güvenilir ve yorumlanabilir cevap veren sistemdir. Seçimde spor dalı, ölçüm ortamı, veri erişimi, teknik destek, maliyet, kullanım yükü ve sporcu kabulü birlikte değerlendirilmelidir.

10.2. Spor Verilerinin Yönetimi ve Analiz Süreci

Spor teknolojisinin yararı, ölçümden raporlamaya uzanan veri zincirinin kalitesine bağlıdır. Hangi değişkenin hangi kararı destekleyeceği ölçümden önce belirlenmeli; isimlendirme, sorumluluk, erişim, saklama ve kalite kontrol kuralları yazılı hâle getirilmelidir. Çok sayıda göstergenin amaçsız toplanması yorum karmaşası ve eksik veri riskini artırır (Bourdon vd., 2017; Thornton vd., 2019).

Veri yönetim planı, her değişkenin kaynağını, ölçüm birimini, örnekleme sıklığını, kabul edilebilir değer aralığını ve eksik veri kodunu içeren bir veri sözlüğüyle desteklenmelidir. Değişken adlarının sezon içinde değiştirilmesi veya aynı adın farklı hesaplamalar için kullanılması analiz hatasına yol açar. Ham veri,

temizlenmiş veri ve analiz çıktıları ayrı sürümler olarak saklanmalı; yapılan düzeltmeler yeniden üretilebilir bir işlem kaydıyla belgelenmelidir.

10.2.1. Spor Verisinin Türleri

Spor verisi fizyolojik, biyomekanik, teknik-taktik ve öznel başlıklarda sınıflandırılabilir. Fizyolojik veriler kalp atım hızı, oksijen tüketimi ve biyokimyasal yanıtı; biyomekanik veriler eklem hareketi, kuvvet, impuls ve basıncı; teknik-taktik veriler pas, şut, konum ve oyun örüntülerini; öznel veriler ise algılanan zorluk, yorgunluk, uyku ve hazır oluşu kapsar. Öznel veriler fizyolojik olmayan “zayıf” ölçümler olarak görülmemeli; sporcunun deneyimine doğrudan erişim sağlayan tamamlayıcı bilgi olarak değerlendirilmelidir (Saw vd., 2016).

Bu veri türleri sürekli, ayrık, kategorik veya metinsel yapıda olabilir. Sensör sinyalleri yüksek frekanslı zaman serileri üretirken anketler günlük tek değer, teknik olaylar ise zaman damgalı kategoriler oluşturur. Analizden önce veri düzeyi ve bağımlılık yapısı tanımlanmalıdır; aynı sporcudan alınan tekrarlı ölçümler bağımsız gözlemler değildir. Takım, sporcu, seans ve tekrar düzeylerinin birbirine karıştırılması istatistiksel belirsizliği olduğundan düşük gösterebilir.

Antrenman takibinde dış yük sporcunun yaptığı işi, iç yük ise bu işe verdiği psikofizyolojik yanıtı temsil eder. Aynı dış yük, kondisyon, uyku, hastalık ve çevresel koşullar nedeniyle farklı iç yanıtlar oluşturabilir. Bu nedenle konum ve hareket verisi ile kalp atım hızı, session-RPE veya iyilik hâli ölçümleri birlikte yorumlanmalıdır (Bourdon vd., 2017; Helwig vd., 2023).

10.2.2. Veri Toplama ve Ön İşleme

Standart protokol; ölçüm zamanı ve ortamını, cihaz yerleşimini, ısınmayı, talimatları, ölçüm süresini ve kullanılan yazılım sürümünü tanımlar. Her kayıt sporcu kimliği, tarih-saat, seans türü, cihaz numarası, ölçüm birimi ve gerekli bağlamsal bilgiyi içermelidir. Ham veri analizden önce yinelenen kayıtlar, birim ve zaman damgası uyumsuzlukları, gerçekçi olmayan değerler ve sinyal kayıpları açısından kontrol edilmelidir.

Bağlamsal üst veriler ölçümün yorumlanmasını mümkün kılar. Zemin, hava sıcaklığı, seyahat, müsabaka yoğunluğu, oyuncu pozisyonu, antrenman amacı ve önceki günün yükü aynı sayısal değer anlamını değiştirebilir. Üst veriler sonradan hatırlamaya bırakılmamalı, mümkün olduğunca ölçüm anında standart alanlarla kaydedilmelidir. Tarih ve saat biçimi, sporcu kimliği ve cihaz numarası sistemler arasında ortak anahtar olarak kullanılmalıdır.

Aykırı değer otomatik olarak silinmemelidir; önce teknik hata mı yoksa geręek ve önemli bir olay mı olduğu araştırılmalıdır. Eksik veri, geręek sıfırdan ve dinlenme gününden ayrı kodlanmalıdır. Eksikliğin nedeni ve belirli sporcu ya da seanslarda yoğunlaşıp yoğunlaşmadığı incelenmeden ortalama değerle doldurma gibi yöntemler kullanılmamalıdır. Boylamsal sporcu yükü verilerinde seçilen atama yöntemi sonucu değiştirebildiğinden yöntem açıkça raporlanmalıdır (Benson vd., 2021).

Eksiklik rastlantısal olmayabilir. Örneğin cihazı rahatsız edici bulan, yorgun olduğu günlerde anketi yanıtlamayan veya yaralanma nedeniyle seansı tamamlamayan sporcuların verileri sistematik biçimde eksik kalabilir. Bu durumda yalnızca tam kayıtların analizi yükü ve sağlık durumunu olduğundan farklı gösterebilir. Eksik veri oranı sporcu, değişken ve zaman düzeyinde raporlanmalı; kullanılan atama yöntemi duyarlılık analizleriyle karşılaştırılmalıdır. Tahmin edilen değerler geręek ölçüm gibi işaretilenmemeli ve karar panelinde veri kalitesi görünür olmalıdır (Benson vd., 2021).

Aykırı değer incelemesinde ham sinyal, video kaydı, cihaz günlüğü ve antrenman planı birlikte kontrol edilebilir. Teknik hata doğrulanırsa kayıt dışlanabilir; geręek bir maksimal sprint, sert temas veya olağan dışı fizyolojik yanıt ise analizde korunmalıdır. Otomatik eşik kuralları veri temizliğini hızlandırsa da spor dalına ve değişkene özgü olmalı, dışlanan gözlemlerin sayısı ve nedeni raporlanmalıdır.

Normalleştirme, farklı maruz kalma süresi veya vücut büyüklüğüne sahip gözlemlerin karşılaştırılmasını kolaylaştırır; ancak toplam ve görel değerler farklı sorulara yanıt verir. Z puanı gibi standardizasyonlar mevcut değerin sporcunun kendi geçmişinden sapmasını gösterebilir, fakat yeterli ve tutarlı başlangıç verisi gerektirir. Farklı cihazların birleştirilmesinde örnekleme frekansı, eşik, algoritma ve birim farkları belgelenmeli; cihaz veya yazılım değiştiiğinde eski ve yeni sistem arasında geçiş doğrulaması yapılmalıdır (Brosnan vd., 2022). Süreç Tablo 2’de özetlenmiştir.

Farklı veri akışlarının zaman ekseninde eşleştirilmesi özellikle önemlidir. Kalp atım hızı, konum, video ve öznel seans puanı farklı başlangıç zamanları ve frekanslarla kaydedilebilir. Ortak zaman damgası oluşturulmadan yapılan birleştirme, belirli bir hareketle fizyolojik yanıtın yanlış eşleştirilmesine yol açabilir. Saat senkronizasyonu, zaman dilimi, yaz saati uygulaması ve veri aktarımındaki gecikmeler kontrol edilmeli; yeniden örnekleme yöntemi belgelenmelidir.

Tablo 58. Veri aktarım aşamaları

Aşama	Temel işlem	Kontrol noktası
Sorunun belirlenmesi	Kararın ve gerekli verinin tanımı	Değişken-soru uyumu
Veri toplama	Standart protokolle ölçüm	Cihaz, zaman, ortam ve uygulama
Veri aktarımı	Kayıtların veri tabanına alınması	Kimlik, zaman damgası ve birim
Veri temizleme	Hatalı ve yinelenen kayıtların kontrolü	Teknik hata-gerçek olay ayrımı
Eksik veri	Miktar ve nedenin değerlendirilmesi	Eksik değerın sıfır sayılmaması
Normalleştirme	Süre, kütle veya bireysel referans	Toplam ve görelı değerin ayrımı
Veri birleştirme	Kaynakların eşleştirilmesi	Frekans, eşik, algoritma ve birim
Analiz ve sunum	Özetleme, görselleştirme, yorum	Ölçüm hatası, bağlam ve kullanıcı

10.2.3. Analiz ve Görselleştirme Yöntemleri

Analiz yöntemi veri yapısı ve araştırma sorusuna göre seçilmelidir. Ortalama, medyan, standart sapma, aralık ve yüzde değişim tanımlayıcı özetler sağlar; takım ortalaması bireysel sapmaları gizleyebileceği için sporcu düzeyindeki dağılım da gösterilmelidir. Bireysel değişim yüzde fark, Z puanı, tipik ölçüm hatası ve anlamlı en küçük değişimle değerlendirilebilir. Gözlenen farkın gerçek değişim olarak yorumlanabilmesi için ölçüm belirsizliğini aşması gerekir (Hopkins vd., 2009).

Grup ortalamaları araştırma düzeyinde genel eğilimi gösterse de uygulamadaki karar çoğu kez bireyseldir. Sporcunun mevcut değeri kendi geçmiş ortalaması, değişkenliği ve benzer antrenman koşullarıyla karşılaştırılmalıdır. Yeni sporcu veya yeni cihaz için yeterli başlangıç verisi oluşmadan kesin eşikler kullanılmamalıdır. Ayrıca çok sayıda değişkenin aynı anda incelenmesi yanlış alarm olasılığını artırır; takip panelinde yalnızca önceden tanımlanmış ve karar sürecinde kullanılacak göstergeler yer almalıdır.

Zaman serileri ve hareketli ortalamalar yük, yorgunluk veya performans eğilimini gösterir. Pencere uzunluğu analitik bir seçimdir; kısa pencere dalgalanmaya duyarlı, uzun pencere ise ani değişime geç yanıt verir. Teknik-taktik analizde rakip düzeyi, skor, ev-deplasman, mevki ve oyun sistemi gibi bağlamsal değişkenler korunmalıdır. Bir oran veya toplam değer, gerçekleştiği koşuldan bağımsız yorumlanmamalıdır.

Çok boyutlu performans profilleri kuvvet, sürat, dayanıklılık, teknik başarı ve öznel hazır oluşu aynı değerlendirmede bir araya getirebilir. Farklı birimlerdeki değişkenler standardize edilse bile profilin tek puana indirgenmesi önemli ayrıntıları gizleyebilir. Sporcunun bir özelliği gelişirken başka bir özelliği azalabilir; toplam puan değişmeden kalabilir. Bu nedenle birleşik skorun bileşenleri erişilebilir olmalı ve ağırlıkların hangi gerekçeyle belirlendiği açıklanmalıdır. Profil, takım normuyla birlikte sporcunun kendi geçmişine göre de sunulmalıdır.

Görselleştirme, karmaşık veriyi hedef kullanıcıya ileten bir karar destek aracıdır. Çizgi grafikleri zaman eğilimini, çubuk grafikler karşılaştırmayı, dağılım grafikleri değişken ilişkisini gösterir. Gösterge panelleri rol temelli tasarlanmalı; antrenör için yük ve performans özeti, fizyoterapist için ağrı ve rehabilitasyon göstergeleri, sporcu için anlaşılır geri bildirim sunulmalıdır. Trafik ışığı renkleri tek başına otomatik karar anlamına gelmemeli; eşik, veri kaynağı ve hesaplama yöntemi raporda belirtilmelidir (Thornton vd., 2019).

İyi bir rapor veri yoğunluğunu azaltırken belirsizliği gizlemez. Mutlak değer, bireysel referans, önceki dönem değişimi ve veri eksikliği aynı görünümde ayırt edilebilir olmalıdır. Üç boyutlu grafikler ve gereksiz renkler yerine açık eksenler, tutarlı birimler ve kısa açıklamalar tercih edilmelidir. Raporlama sıklığı kararın zamanlamasına uymalıdır: seans içi geri bildirim gerçek zamana yakın, mezosiklus değerlendirmesi ise daha uzun dönem eğilimlere odaklanabilir.

10.3. Spor Teknolojileri ve Veri Analizinin Uygulama Alanları

Spor teknolojileri performansın değerlendirilmesi, antrenman planının düzenlenmesi, teknik-taktik davranışların incelenmesi ve rehabilitasyonun yönetilmesinde kullanılabilir. Ortak amaç, farklı kaynaklardan gelen veriyi uzman gözlemi ve sporcu geri bildirimiyle birleştirerek kararın açıklanabilirliğini artırmaktır.

10.3.1. Performans ve Antrenman Yükünün Takibi

GPS/GNSS, LPS ve IMU dış yükü; kalp atım hızı, HRV ve öznel bildirimler iç yanıt açıklar. Planlanan seans ile gerçekleşen mesafe, hız, hareket veya kuvvet hacmi karşılaştırılabilir; aynı dış yükteki iç yanıt değişimi yorgunluk, çevresel stres veya adaptasyon hakkında ipucu verebilir. Bununla birlikte tek değişken sporcu durumunu bütünüyle temsil etmez. Saha uygulayıcıları da az sayıda, güvenilir ve bağlama uygun göstergenin düzenli kullanılmasını tercih etmektedir (Dawson vd., 2024; West vd., 2021).

Antrenman yükü verisi tek seans, mikro döngü ve sezon düzeyinde farklı soruları yanıtlar. Seans analizi planlanan çalışmanın gerçekleşip gerçekleşmediğini; haftalık dağılım yüksek ve düşük yük günlerinin örgütlenmesini; sezon analizi ise performans ve sağlık olaylarıyla birlikte uzun dönem maruziyeti gösterir. Yükteki değişim mutlak ve göreceli olarak sunulmalı, evrensel “güvenli” eşikler yerine sporcunun kapasitesi ve geçmişi dikkate alınmalıdır (Bourdon vd., 2017; West vd., 2021).

Uzun dönem takip bireysel referans aralıklarının oluşturulmasına yardımcı olur. Kalp atım hızı, sıçrama, uyku, kas ağrısı ve algılanan toparlanma birlikte değerlendirildiğinde yorgunluğun farklı boyutları görülebilir. Tek günlük sapmadan çok, birden fazla göstergede devam eden eğilim dikkate alınmalıdır (Saw vd., 2016; Seshadri vd., 2021).

10.3.2. Teknik, Taktik ve Müsabaka Analizi

Video ve konumsal takip; pas, şut, top kaybı, koşu yolu, takım genişliği ve oyuncular arası uzaklık gibi göstergelerin incelenmesini sağlar. Toplam başarı sayısı bağlamdan bağımsız yeterli değildir: basketbolda şut bölgesi ve savunma baskısı, futbolda skor ve rakip düzeyi, raket sporlarında vuruş türü ve ralli durumu sonucu değiştirir. Bu nedenle teknik-taktik ölçütlerin operasyonel tanımı ve kodlama güvenilirliği raporlanmalıdır (Sarmiento vd., 2014).

Müسابaka analizi, tanımlayıcı özetin ötesinde rakibin ve oyun planının etkisini açıklamayı amaçlamalıdır. Ev sahibi olma, oyuncu rotasyonu, skor farkı ve müsabaka takvimi performans göstergelerini değiştirebilir. Aynı takımın farklı rakiplere karşı alan kullanımı veya hücum tercihi karşılaştırılırken bu koşullar modele dâhil edilmelidir. Böylece teknoloji çıktısı yalnızca “ne oldu?” sorusunu değil, olayın hangi bağlamda ortaya çıktığını da açıklayabilir.

Bilgisayarlı görü hareket ve olayların otomatik sınıflandırılmasını hızlandırabilir; IMU ise koşu, yüzme, kuvvet veya raket hareketlerine özgü teknik özellikleri saha koşullarında kaydedebilir. Otomatik çıktı uzman gözlemini ortadan kaldırmamalı; hatalı sınıflandırmaların örneklenerek kontrol edildiği bir kalite süreci bulunmalıdır (Cust vd., 2019; Host ve Ivašić-Kos, 2022).

10.3.3. Yaralanma, Rehabilitasyon ve Spora Dönüş

Teknoloji, yaralanmayla ilişkili olabilecek yük ve hareket özelliklerini takip edebilir; ancak yaralanma çok faktörlü olduğundan yüksek yük veya asimetri tek başına neden ya da kesin risk göstergesi değildir. Alt ekstremitte asimetrisi yaralanmayla her durumda tutarlı ilişki göstermemekte ve küçük farklar ölçüm hatasından kaynaklanabilmektedir (Guan vd., 2022).

Asimetri değerdendirmesinde hangi ekstremitenin referans alındığı, farkın mutlak mı yüzdesel mi hesaplandığı ve kullanılan görevin özelliğı sonucu değıştirir. Yön değıştirmenin aynı sporcu içinde testten teste değışebilmesi, küçük farkların kategorik risk etiketi olarak kullanılmasını sınırlar. Asimetri, ağrı, kuvvet kapasitesi, hareket kalitesi ve önceki yaralanma öyküsüyle birlikte yorumlanmalı; tek ölçüm yerine tekrarlı eğilimler incelenmelidir (Guan vd., 2022).

Rehabilitasyonda kuvvet platformu, EMG, hareket yakalama ve giyilebilir sensörler kuvvet, sıçrama, denge, eklem hareketi ve saha yüküne ilişkin nesnel bilgi sunar. Spora dönüş yalnızca yaralanmadan sonra geçen zamana veya tek teste dayanmamalı; fonksiyonel performans, spora özgü yük, semptomlar ve psikolojik hazır oluş birlikte değerdendirilmelidir (Powell vd., 2018; Rivera-Brown vd., 2022; Xiao vd., 2023). Yapay zekâ risk örüntülerini araştırabilir, fakat seyrek yaralanma olayları ve küçük örneklemeler tahmin kararlılığını sınırlar; model çıktısı klinik kararın yerine geçmemelidir (Claudino vd., 2019; Van Eetvelde vd., 2021).

Saha rehabilitasyonunda yük ilerlemesi toplam mesafeden başlayarak yüksek hızlı koşu, sprint, hızlanma-yavaşlama, yön değıştirme, temas ve spora özgü becerilere doğru aşamalı planlanabilir. Her aşamada dış yük ile ağrı, şişlik, algılanan zorluk ve ertesi gün yanıtı birlikte değerdendirilmelidir. Takım antrenmanına katılım, müsabaka taleplerine hazır olunduğunu otomatik olarak göstermez; sporcunun mevki ve oyun rolüne özgü maruziyetleri yeterli sıklıkta ve kontrollü biçimde tamamlaması gerekir (Rivera-Brown vd., 2022; Seshadri vd., 2021).

10.4. Yapay Zekâ, Ölçüm Kalitesi ve Etik Sorunlar

Gelişmiş analiz, düşük kaliteli ölçümü telafi edemez. Yapay zekâ modeli, temel sensör verisinin geçerliğı, örneklem temsil gücü ve veri yönetiminin etikliğı kadar güvenilirdir. Bu nedenle teknolojik yenilik; bilimsel doğrulama, insan denetimi ve açık yönetimle birlikte ele alınmalıdır (Guppy vd., 2023).

10.4.1. Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi

Makine öğrenmesi, veriden örüntü öğrenerek sınıflandırma veya tahmin üretir. Denetimli öğrenmede sonuç etiketi bilinir; denetimsiz öğrenmede gözlemler benzerliklerine göre gruplanır. Derin öğrenme çok katmanlı sinir ağlarıyla özellikle görüntü, video ve yüksek boyutlu sensör verilerinde kullanılır. Spor bilimindeki uygulamalar performans tahmini, hareket tanıma, taktik analiz, yetenek sınıflandırması ve yaralanma örüntülerini kapsar (Claudino vd., 2019; Silvino vd., 2025).

Model geliştirme süreci veri ön işlemeden bağımsız değildir. Eksik veri yöntemi, değişken seçimi, sınıf dengesi ve normalleştirme yalnızca eğitim verisi kullanılarak belirlenmeli; test verisinin bilgisi modele sızmamalıdır. Aynı sporcudan çok sayıda kayıt bulunması, rastgele satır bölme kullanıldığında modelin sporcuyu tanımasına ve genellenebilirliğin abartılmasına yol açabilir. Bu nedenle sporcu, takım veya sezon düzeyinde ayırım tercih edilmeli; analiz akışı yeniden üretilebilir biçimde raporlanmalıdır (Cust vd., 2019; Van Eetvelde vd., 2021).

Model değerlendirmesinde yalnızca doğruluk oranı yeterli değildir. Sınıf dengesizliği bulunan yaralanma verilerinde duyarlılık, özgülük, kesinlik ve eğri altındaki alan birlikte raporlanmalıdır. Eğitim, doğrulama ve test kümeleri sporcu düzeyinde ayrılmalı; model farklı sezon, takım ve popülasyonlarda dışarıdan doğrulanmalıdır. Kadın, genç veya amatör sporcuların az temsil edilmesi algoritmik yanlılığa yol açabilir. Yüksek tahmin olasılığı kesin bir olay değil, belirsizlik içeren karar desteğidir (Van Eetvelde vd., 2021; Sperlich vd., 2023).

Sınıflandırma eşiği uygulamanın maliyetine göre seçilmelidir. Yaralanma riski taşıyan sporcuyu kaçırmamanın maliyeti ile çok sayıda yanlış alarm üretmenin antrenmanı gereksiz biçimde azaltma maliyeti farklıdır. Bu nedenle karar eğrileri, kalibrasyon ve pozitif tahmin değeri, yalnızca ayırt etme ölçütleriyle birlikte değerlendirilmelidir. Olay oranı değiştiğinde pozitif tahmin değeri de değişeceğinden başka bir takımda aynı eşik doğrudan kullanılmamalıdır. Modelin performansı zaman içinde izlenmeli ve sonuçlar güven aralıklarıyla raporlanmalıdır (Claudino vd., 2019; Van Eetvelde vd., 2021).

Açıklanabilirlik, özellikle yaralanma, oyuncu seçimi ve spora dönüş gibi yüksek etkili kararlarda önemlidir. Kullanıcı modelin hangi değişkenlerden etkilendiğini, verinin hangi koşullarda toplandığını ve hangi popülasyonlarda doğrulandığını bilmelidir. İnsan denetimi ve hata bildirim mekanizması olmadan tamamen otomatik karar sistemleri kullanılmamalıdır.

Model açıklaması nedensellik kanıtı değildir. Bir değişkenin tahmine katkı sağlaması, performans veya yaralanmanın nedeni olduğunu göstermez; değişken başka bir ölçülmemiş etkenin göstergesi olabilir. Tahmin modelleri müdahale kararına dönüştürülmeden önce prospektif ve mümkünse farklı merkezlerde değerlendirilmelidir. Model güncellenirken performans kayması izlenmeli; yeni cihaz, kural veya antrenman uygulaması veri dağılımını değiştirdiğinde yeniden kalibrasyon yapılmalıdır (Sperlich vd., 2023; Silvino vd., 2025).

10.4.2. Geçerlik, Güvenirlik ve Ölçüm Hataları

Geçerlik aracın amaçlanan yapıyı, güvenilirlik tekrarlı ölçümlerde tutarlılığı, doğruluk ise referans değere yakınlığı ifade eder. Teknolojik gelişmişlik, fiyat veya yaygınlık bu özellikleri garanti etmez. Cihaz modeli, yazılım, örnekleme frekansı, filtreleme, sensör konumu ve hareket türü birlikte değerlendirilmelidir. LPS ve IMU incelemeleri, ölçüm kalitesinin sisteme ve göreve göre değiştiğini göstermektedir (Johnston vd., 2019; Rico-González vd., 2020).

Bireysel değişim yorumlanırken tipik hata, varyasyon katsayısı ve güven aralığı dikkate alınmalıdır. Gözlenen küçük bir gelişme ölçüm hatası sınırları içindeyse gerçek performans değişimi olarak sunulmamalıdır (Hopkins, 2000). Aynı protokol, aynı cihaz birimi ve aynı çevresel koşullar uzun dönem karşılaştırmanın temelidir. Üretici yazılım güncellemeleri ve algoritma değişiklikleri veri sürekliliğini bozabileceğinden sürüm kaydı tutulmalıdır.

Geçerlik ve güvenilirlik değişkene özgüdür. Bir cihazın toplam mesafeyi doğru ölçmesi maksimal hızı, yön değiştirmeyi veya türetilmiş yük puanını aynı doğrulukta ölçtüğünü göstermez. Referans yöntem, test edilen hız aralığı ve sporcu profili doğrulama çalışmasında açık olmalıdır. Laboratuvar geçerliği saha koşullarındaki hareket çeşitliliğini temsil etmeyebilir; uygulayıcı cihazı kendi kullanım amacı ve ortamına en yakın kanıtlarla değerlendirmelidir (Johnston vd., 2019; Rico-González vd., 2020).

10.4.3. Etik, Gizlilik ve Veri Güvenliği

Konum, uyku, fizyolojik yanıt, biyomekanik hareket, sağlık ve yaralanma geçmişi kişisel ve kimi zaman hassas verilerdir. Veri toplanmadan önce amaç, erişim yetkisi, paylaşım, saklama süresi ve silme süreci açıkça bildirilmelidir. Profesyonel sporda kulüp–sporcu arasındaki güç farkı onamın gönüllülüğünü zayıflatabileceği için veriyi reddetmenin sportif yaptırıma dönüşmemesi gerekir (Karkazis ve Fishman, 2017).

Veri mülkiyeti ve üçüncü taraf yazılım kullanımı sözleşmelerde açık olmalıdır. Sağlık ekibi ayrıntılı klinik veriye erişebilirken antrenöre yalnızca karar için gerekli özet sunulmalıdır. Rol temelli erişim, şifreleme, kimliksizleştirme, düzenli yedekleme ve olay müdahale planı temel güvenlik önlemleridir. Veri minimizasyonu ilkesi gereği, karar sürecinde kullanılmayacak değişken yalnızca teknik olarak ölçülebildiği için toplanmamalıdır.

Bulut tabanlı platformlarda verinin hangi ülkede saklandığı, üçüncü taraflarla paylaşılıp paylaşılmadığı ve hizmet sona erdiğinde nasıl dışa aktarılacağı önceden belirlenmelidir. Kimliksizleştirme küçük takım kadrolarında her zaman

tam anonimlik sağlamaz; mevki, yaşı ve yaralanma gibi değişkenlerin birleşimi sporcuyu yeniden tanımlayabilir. Erişim kayıtları düzenli incelenmeli, yetkisi sona eren kullanıcıların erişimi kaldırılmalı ve veri ihlali durumunda sporcuya bildirim süreci tanımlanmalıdır.

Teknoloji takibi ile gözetim arasındaki sınır korunmalıdır. Antrenman dışındaki konum ve yaşam verileri özel amaç ve ayrı onam olmadan takip edilmemelidir. Etkili sistem; geçerli ve sürdürülebilir göstergeleri, bireysel referansları, ölçüm hatasını, insan yargısını ve sporcu haklarını birlikte gözetir. Böylece spor teknolojileri uzman kararını ikame eden değil, daha sistematik ve şeffaf kararları destekleyen araçlara dönüşür.

Kaynakça

- Adesida, Y., Papi, E., ve McGregor, A. H. (2019). Exploring the role of wearable technology in sport kinematics and kinetics: A systematic review. *Sensors*, 19(7), 1597. <https://doi.org/10.3390/s19071597>
- Anicic, Z., Janicijevic, D., Knezevic, O. M., Garcia-Ramos, A., Petrovic, M. R., Cabarkapa, D., ve Mirkov, D. M. (2023). Assessment of countermovement jump: What should we report? *Life*, 13(1), 190. <https://doi.org/10.3390/life13010190>
- Armitano-Lago, C., Willoughby, D., ve Kiefer, A. W. (2022). A SWOT analysis of portable and low-cost markerless motion capture systems to assess lower-limb musculoskeletal kinematics in sport. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 809898. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.809898>
- Benson, L. C., Stilling, C., Owwoye, O. B. A., ve Emery, C. A. (2021). Evaluating methods for imputing missing data from longitudinal monitoring of athlete workload. *Journal of Sports Science and Medicine*, 20(2), 188–196. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.188>
- Blauberger, P., Marzilger, R., ve Lames, M. (2021). Validation of player and ball tracking with a local positioning system. *Sensors*, 21(4), 1465. <https://doi.org/10.3390/s21041465>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., ve Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl. 2), S2-161–S2-170. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0208>
- Brosnan, R. J., Watson, G., Stuart, W., Twentyman, C., Kitic, C. M., ve Schmidt, M. (2022). The validity, reliability, and agreement of global positioning system units—Can we compare research and applied data? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(12), 3330–3338. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000004139>
- Camomilla, V., Bergamini, E., Fantozzi, S., ve Vannozzi, G. (2018). Trends supporting the in-field use of wearable inertial sensors for sport performance evaluation: A systematic review. *Sensors*, 18(3), 873. <https://doi.org/10.3390/s18030873>

- Claudino, J. G., Capanema, D. de O., de Souza, T. V., Cerca Serrão, J., Machado Pereira, A. C., ve Nassis, G. P. (2019). Current approaches to the use of artificial intelligence for injury risk assessment and performance prediction in team sports: A systematic review. *Sports Medicine - Open*, 5, Article 28. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0202-3>
- Cust, E. E., Sweeting, A. J., Ball, K., ve Robertson, S. (2019). Machine and deep learning for sport-specific movement recognition: A systematic review of model development and performance. *Journal of Sports Sciences*, 37(5), 568–600. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1521769>
- Dawson, L., McErlain-Naylor, S. A., Devereux, G., ve Beato, M. (2024). Practitioner usage, applications, and understanding of wearable GPS and accelerometer technology in team sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 38(7), e373–e382. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000004781>
- Felici, F., ve Del Vecchio, A. (2020). Surface electromyography: What limits its use in exercise and sport physiology? *Frontiers in Neurology*, 11, 578504. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.578504>
- Ferraz, A., Duarte-Mendes, P., Sarmiento, H., Valente-Dos-Santos, J., ve Travassos, B. (2023). Tracking devices and physical performance analysis in team sports: A comprehensive framework for research—Trends and future directions. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1284086. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1284086>
- Guan, Y., Bredin, S. S. D., Taunton, J., Jiang, Q., Wu, N., ve Warburton, D. E. R. (2022). Association between inter-limb asymmetries in lower-limb functional performance and sport injury: A systematic review of prospective cohort studies. *Journal of Clinical Medicine*, 11(2), 360. <https://doi.org/10.3390/jcm11020360>
- Guppy, F., Muniz-Pardos, B., Angeloudis, K., Grivas, G. V., Pitsiladis, A., Bundy, R., Zelenkova, I., Tanisawa, K., Akiyama, H., Keramitsoglou, I., Miller, M., Knopp, M., Schweizer, F., Luckfiel, T., Ruiz, D., Racinais, S., ve Pitsiladis, Y. (2023). Technology innovation and guardrails in elite sport: The future is now. *Sports Medicine*, 53(Suppl. 1), 97–113. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01913-1>
- Helwig, J., Diels, J., Röhl, M., Mahler, H., Gollhofer, A., Roecker, K., ve Willwacher, S. (2023). Relationships between external, wearable sensor-based, and internal parameters: A systematic review. *Sensors*, 23(2), 827. <https://doi.org/10.3390/s23020827>

- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30(1), 1–15. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030010-00001>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., ve Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine ve Science in Sports ve Exercise*, 41(1), 3–13. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31818cb278>
- Host, K., ve Ivašić-Kos, M. (2022). An overview of human action recognition in sports based on computer vision. *Heliyon*, 8(6), e09633. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09633>
- Johnston, W., O'Reilly, M., Argent, R., ve Caulfield, B. (2019). Reliability, validity and utility of inertial sensor systems for postural control assessment in sport science and medicine applications: A systematic review. *Sports Medicine*, 49(5), 783–818. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01095-9>
- Karkazis, K., ve Fishman, J. R. (2017). Tracking U.S. professional athletes: The ethics of biometric technologies. *The American Journal of Bioethics*, 17(1), 45–60. <https://doi.org/10.1080/15265161.2016.1251633>
- O'Reilly, M., Caulfield, B., Ward, T., Johnston, W., ve Doherty, C. (2018). Wearable inertial sensor systems for lower limb exercise detection and evaluation: A systematic review. *Sports Medicine*, 48(5), 1221–1246. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0878-4>
- Passos, J., Lopes, S. I., Clemente, F. M., Moreira, P. M., Rico-González, M., Bezerra, P., ve Rodrigues, L. P. (2021). Wearables and Internet of Things (IoT) technologies for fitness assessment: A systematic review. *Sensors*, 21(16), 5418. <https://doi.org/10.3390/s21165418>
- Powell, C., Jensen, J. L., ve Johnson, S. (2018). Functional performance measures used for return-to-sport criteria in youth following lower-extremity injury. *Journal of Sport Rehabilitation*, 27(6), 581–590. <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0061>
- Rico-González, M., Los Arcos, A., Clemente, F. M., Rojas-Valverde, D., ve Pino-Ortega, J. (2020). Accuracy and reliability of local positioning systems for measuring sport movement patterns in stadium-scale: A systematic review. *Applied Sciences*, 10(17), 5994. <https://doi.org/10.3390/app10175994>
- Rivera-Brown, A. M., Frontera, W. R., ve Fontánez, R. (2022). Evidence for isokinetic and functional testing in return to sport decisions following ACL surgery. *PMveR*, 14(5), 678–690. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12815>

- Sarmiento, H., Marcelino, R., Anguera, M. T., Campaniço, J., Matos, N., ve Leitão, J. C. (2014). Match analysis in football: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1831–1843. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.898852>
- Saw, A. E., Main, L. C., ve Gastin, P. B. (2016). Monitoring the athlete training response: Subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 281–291. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094758>
- Schneider, C., Hanakam, F., Wiewelhove, T., Döweling, A., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M., ve Ferrauti, A. (2018). Heart rate monitoring in team sports—A conceptual framework for contextualizing heart rate measures for training and recovery prescription. *Frontiers in Physiology*, 9, 639. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00639>
- Schumann, M., ve Doherty, C. (2024). Bridging gaps in wearable technology for exercise and health professionals: A brief review. *International Journal of Sports Medicine*, 45(13), 949–957. <https://doi.org/10.1055/a-2376-6332>
- Seshadri, D. R., Thom, M. L., Harlow, E. R., Gabbett, T. J., Geletka, B. J., Hsu, J. J., Drummond, C. K., Phelan, D. M., ve Voos, J. E. (2021). Wearable technology and analytics as a complementary toolkit to optimize workload and to reduce injury burden. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2, 630576. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.630576>
- Seçkin, A. Ç., Ateş, B., ve Seçkin, M. (2023). Review on wearable technology in sports: Concepts, challenges and opportunities. *Applied Sciences*, 13(18), 10399. <https://doi.org/10.3390/app131810399>
- Silvino, V. O., da Silva Sousa, L. G., Ferreira, C. P., dos Santos, L. H. O., Apaza, H. M., Almeida, S. S., ve dos Santos, M. A. P. (2025). The use of machine learning in sports performance: A systematic review. *Translational Journal of the American College of Sports Medicine*, 10(2), e000304. <https://doi.org/10.1249/tjx.0000000000000304>
- Sperlich, B., Düking, P., Leppich, R., ve Holmberg, H.-C. (2023). Strengths, weaknesses, opportunities, and threats associated with the application of artificial intelligence in connection with sport research, coaching, and optimization of athletic performance: A brief SWOT analysis. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1258562. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1258562>

- Thornton, H. R., Delaney, J. A., Duthie, G. M., ve Dascombe, B. J. (2019). Developing athlete monitoring systems in team sports: Data analysis and visualization. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(6), 698–705. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0169>
- Van Eetvelde, H., Mendonça, L. D., Ley, C., Seil, R., ve Tischler, T. (2021). Machine learning methods in sport injury prediction and prevention: A systematic review. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 8(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s40634-021-00346-x>
- West, S. W., Clubb, J., Torres-Ronda, L., Howells, D., Leng, E., Vescovi, J. D., Carmody, S., Posthumus, M., Dalen-Lorensen, T., ve Windt, J. (2021). More than a metric: How training load is used in elite sport for athlete management. *International Journal of Sports Medicine*, 42(4), 300–306. <https://doi.org/10.1055/a-1268-8791>
- Xiao, M., van Niekerk, M., Trivedi, N. N., Hwang, C. E., Sherman, S. L., Safran, M. R., ve Abrams, G. D. (2023). Patients who return to sport after primary anterior cruciate ligament reconstruction have significantly higher psychological readiness: A systematic review and meta-analysis of 3744 patients. *The American Journal of Sports Medicine*, 51(10), 2774–2783. <https://doi.org/10.1177/03635465221102420>
- Yoma, M., Llorca-Almuzara, L., Herrington, L., ve Jones, R. (2025). Reliability and validity of lower extremity and trunk kinematics measured with markerless motion capture during sports-related and functional tasks: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 43(17), 1703–1730. <https://doi.org/10.1080/02640414.2025.2518359>