

Sezon İçi Milli Takım Aralarında Mikro Dozlama Temelli Dayanıklılık Antrenmanlarının Performans Üzerine Etkileri

Murat Tutar¹

Özet

Modern futbolda artan fiziksel talepler ve yoğun maç takvimi, sezon içi süreçte geleneksel yüksek hacimli dayanıklılık antrenmanlarının uygulanabilirliğini sınırlamaktadır. Bu durum, düşük hacimli, yüksek yoğunluklu ve yüksek frekansta uygulanan antrenman uyarılarına dayanan mikro dozlama yaklaşımı gibi alternatif stratejilerin önemini artırmıştır. Bu çalışmanın amacı, sezon içi milli takım aralarında uygulanan mikro dozlama temelli dayanıklılık antrenmanlarının elit futbolcularda fizyolojik ve performans parametreleri üzerindeki etkilerini incelemektir.

Bu kapsamda, yüksek şiddetli interval antrenman (HIIT), tekrarlı sprint yeteneği (RSA), maksimal aerobik hız (MAS) intervalleri ve dar alan oyunlarını (SSG) içeren yapılandırılmış 7 günlük bir mikro dozlama antrenman modeli oluşturulmuştur. Antrenman yaklaşımı; düşük toplam hacim, yüksek yoğunluk ve sık nöromüsküler uyarım prensiplerine dayanmakta olup, yeterli toparlanma süreçleri ile desteklenmiştir.

Mevcut literatür ve önerilen model doğrultusunda, mikro dozlama yaklaşımının maksimal oksijen tüketimini (VO_{2max}) koruyabileceği veya artırabileceği, tekrarlı sprint yeteneğini geliştirebileceği, sprint performansını sürdürebileceği ve yorgunluk direncini artırabileceği öngörülmektedir. Mikro dozlama kapsamında lineer ve oyun temelli antrenmanların birlikte kullanımı hem fizyolojik hem de futbola özgü adaptasyonların eş zamanlı gelişimine katkı sağlayabilir. Ayrıca düşük antrenman hacmi sayesinde birikmiş yorgunluğun ve sakatlık riskinin azaltılması mümkün olabilir.

Sonuç olarak mikro dozlama yaklaşımı, milli takım araları gibi kısa süreli sezon içi periyotlarda elit futbolcular için zaman açısından verimli ve etkili bir

1 İstanbul Gedik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, tutarmurat@gmail.com, Orcid: 0009-0009-1726-7581

antrenman stratejisi olarak öne çıkmaktadır. Bu yaklaşım, yoğun müsabaka takvimlerinde performans gelişimi ile toparlanma arasında optimal denge kurulmasına katkı sağlayabilir. Gelecek deneysel çalışmaların, bu modelin uzun vadeli etkilerini ve farklı oyuncu profilleri üzerindeki uygulamalarını incelemesi gerekmektedir.

1. Giriş

Günümüz futbolu, yüksek fiziksel talepler, yoğun maç takvimleri ve artan performans beklentileri doğrultusunda multidisipliner bir hazırlık sürecini zorunlu kılmaktadır. Modern futbolcuların müsabaka sırasında kat ettikleri toplam mesafenin yaklaşık 8–12 km arasında değişmesi ve maksimum oksijen tüketim (VO_2max) değerlerinin elit seviyede $55-70 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{dk}^{-1}$ aralığında bulunması, aerobik kapasitenin performans belirleyicileri arasında kritik bir yer tuttuğunu göstermektedir (Hoff & Helgerud, 2004; Stølen ve ark., 2005). Bununla birlikte futbol, yalnızca sürekli koşu temelli bir spor olmayıp; yüksek şiddetli sprintler, ani yön değiştirmeler, sıçramalar ve kısa süreli maksimal eforların tekrarlandığı aralıklı bir yapıya sahiptir. Bu nedenle aerobik kapasitenin geliştirilmesi, anaerobik performansın sürdürülebilirliği açısından da önemli bir temel oluşturmaktadır (Bangsbo, 1994).

Futbola özgü antrenman uygulamalarında yüklenme şiddeti; saha boyutu, oyuncu sayısı, kural modifikasyonları, yüklenme-dinlenme oranları ve antrenör müdahaleleri gibi çok sayıda değişken aracılığıyla manipüle edilebilmektedir. Özellikle dar alan oyunları (small-sided games), teknik ve taktik gelişim ile fizyolojik yüklenmeyi entegre edebilmesi nedeniyle yaygın olarak tercih edilen bir yöntemdir (Hill-Haas ve ark., 2009; Aguiar ve ark., 2012). Ancak bu tür oyunların doğası gereği değişken hareket paternleri içermesi, antrenman şiddetinin standardizasyonunu ve kontrolünü zorlaştırmaktadır. Bu nedenle kalp atım hızı, kan laktat konsantrasyonu ve GPS tabanlı performans verileri gibi objektif ölçüm araçlarının kullanımı, antrenman yükünün izlenmesi açısından kritik öneme sahiptir (Rampinini ve ark., 2007).

Literatürde aerobik dayanıklılığın geliştirilmesine yönelik yüksek şiddetli interval antrenmanlarının haftada 2–3 seans olmak üzere 8–10 hafta uygulanmasının etkili olduğu belirtilmektedir (Stølen ve ark., 2005). Ancak sezon içi yoğun fıkstür, seyahat yükü, toparlanma gereksinimleri ve teknik-taktik hazırlık süreçleri göz önüne alındığında, bu tür uzun süreli ve sistematik yüklenmelerin uygulanabilirliği sınırlıdır. Bu durum, antrenörleri daha kısa sürede etkili adaptasyonlar sağlayabilecek alternatif antrenman modellerine yönlendirmektedir.

Sezon içerisinde milli takım maçları nedeniyle verilen aralar, bu bağlamda önemli bir fırsat penceresi oluşturmaktadır. Bu dönemler hem oyuncuların toparlanması hem de fiziksel kapasitelerin yeniden yapılandırılması açısından “mini hazırlık dönemi” olarak değerlendirilebilir. Ancak bu süreçlerin genellikle 7–10 gün gibi sınırlı süreleri kapsaması, uygulanacak antrenman modellerinin yüksek verimlilikte olmasını zorunlu kılmaktadır (Liu ve ark., 2024).

Bu noktada son yıllarda spor bilimleri literatüründe öne çıkan mikro dozlama (micro-dosing) yaklaşımı, düşük hacimli ancak yüksek yoğunluklu ve sık tekrar eden antrenman uyaranları ile performans gelişimini hedefleyen yenilikçi bir model olarak dikkat çekmektedir (Liu ve ark., 2024). Mikro dozlama özellikle sezon içi yoğunlukta, yorgunluğu minimize ederken performansı koruma ve hatta geliştirme potansiyeli sunması açısından futbol gibi aralıklı yüksek şiddetli sporlarda önemli bir uygulama alanı bulmaktadır (Cuthbert ve ark., 2024).

Bu bölümün amacı, sezon içi milli takım aralarında uygulanan mikro dozlama temelli dayanıklılık antrenman modellerinin futbolcularda fizyolojik ve performans parametreleri üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde incelemektir. Bu doğrultuda, futbola özgü dayanıklılık gereksinimleri, farklı antrenman yöntemleri, mikro dozlama yaklaşımının teorik temelleri ve pratik uygulama örnekleri detaylı olarak ele alınacaktır.

2. Futbolda Dayanıklılık Gereksinimleri ve Enerji Sistemleri

Futbol, fizyolojik açıdan incelendiğinde sürekli ve aralıklı yüklenmelerin iç içe geçtiği kompleks bir yapıya sahiptir. Oyuncular, müsabaka boyunca düşük şiddetli aktiviteler (yürüme, hafif koşu) ile yüksek şiddetli eforlar (sprint, hızlanma, yön değiştirme) arasında sürekli geçiş yapmaktadır. Bu nedenle futbol performansı hem aerobik hem de anaerobik enerji sistemlerinin eş zamanlı ve etkileşimli çalışmasına bağlıdır (Aguiar ve ark., 2012).

2.1. Aerobik Dayanıklılık ve Futbol Performansı

Aerobik kapasite, futbolcularda maç süresince yüksek şiddetli eforların tekrar edilebilmesi ve toparlanma hızının artırılması açısından kritik bir rol oynamaktadır. Yüksek VO_{2max} değerlerine sahip oyuncuların:

- Daha fazla toplam mesafe kat edebildiği
- Yüksek şiddetli koşuları daha sık tekrar edebildiği
- Sprintler arası toparlanma süresinin daha kısa olduğu rapor edilmiştir (Helgerud ve ark., 2001).

Aerobik sistemin en önemli katkılarından biri, fosfokreatin (PCr) depolarının yeniden sentezlenmesi ve laktatın uzaklaştırılması süreçlerinde

rol almasıdır. Bu durum, özellikle tekrarlı sprint performansı (Repeated Sprint Ability-RSA) açısından belirleyici bir faktördür. Futbol gibi yüksek yoğunluklu aralıklı sporlarda, aerobik kapasitenin gelişmiş olması, oyuncuların maçın son bölümlerinde performans düşüşünü minimize etmektedir (Hill-Haas ve ark., 2009).

2.2. Anaerobik Dayanıklılık ve Yüksek Şiddetli Aksiyonlar

Futbolda belirleyici anlar genellikle yüksek şiddetli aktiviteler sırasında ortaya çıkar. Sprintler, ani yön değiştirmeler, sıçramalar ve ikili mücadeleler büyük oranda anaerobik enerji sistemine dayanmaktadır. Bu aktiviteler sırasında enerji üretimi başlıca:

- ATP-PCr sistemi (alaktik anaerobik sistem)
- Anaerobik glikolitik sistem (laktik sistem) tarafından sağlanmaktadır.

Müsabaka analizleri, toplam koşu mesafesinin yaklaşık %10–15'inin yüksek şiddetli aktivitelerden oluştuğunu, ancak bu aktivitelerin maç sonucuna etkisinin orantısız olarak çok daha yüksek olduğunu göstermektedir. Özellikle sprint performansı ve tekrarlı sprint kapasitesi, elit futbolcuların ayırt edici özellikleri arasında yer almaktadır (Hoff & Helgerud, 2004; Stølen ve ark., 2005).

2.3. Tekrarlı Sprint Yeteneği (RSA)

RSA, kısa süreli maksimal sprintlerin sınırlı toparlanma süreleri ile tekrar edilebilirlik kapasitesi olarak tanımlanır ve modern futbolda kritik performans göstergelerinden biridir. RSA performansı;

- Aerobik kapasite
- Kas içi tamponlama kapasitesi
- Nöromusküler dayanıklılık gibi birçok faktörden etkilenmektedir.

Yüksek aerobik kapasiteye sahip oyuncuların, sprintler arası toparlanmayı daha hızlı gerçekleştirdiği ve performans düşüşünü daha az yaşadığı gösterilmiştir. Bu nedenle aerobik ve anaerobik sistemlerin birlikte geliştirilmesi, futbola özgü dayanıklılık programlarının temelini oluşturmaktadır (Rampinini ve ark., 2007).

2.4. Maç İçinde Yorgunluk ve Performans Düşüşü

Futbol müsabakalarında yorgunluk, performansı sınırlayan temel faktörlerden biridir. Araştırmalar, maçın ikinci yarısında:

- Toplam koşu mesafesinde %5–10 azalma

- Yüksek şiddetli koşullarda belirgin düşüş
- Sprint sayısında azalma olduğunu göstermektedir (Bangsbo, 1991).

Bu performans düşüşünün başlıca nedenleri:

- Glikojen depolarının azalması
- Metabolik yan ürünlerin (H^+ , laktat) birikimi
- Nöromüsküler yorgunluk
- Termoregülasyon stresidir

Bu bağlamda dayanıklılık antrenmanlarının temel amacı yalnızca performansı artırmak değil, aynı zamanda yorgunluğa karşı direnç geliştirmek olmalıdır (Gibala ve ark., 2012).

2.5. Mevkiye Göre Dayanıklılık Gereksinimleri

Futbolcuların fiziksel talepleri oynadıkları mevkiye göre farklılık göstermektedir:

- Orta saha oyuncuları: En yüksek toplam mesafe ve yüksek aerobik yük
- Kanat oyuncuları: Yüksek sprint ve yüksek şiddetli koşu frekansı
- Defans oyuncuları: Daha düşük toplam mesafe ancak kritik sprintler
- Forvet oyuncuları: Kısa mesafeli patlayıcı aksiyonlar

Bu farklılıklar, antrenman programlarının bireyselleştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Hill-Haas ve ark., 2009). Özellikle mikro dozlama yaklaşımı, bu bireyselleştirme ihtiyacına cevap verebilecek esnek bir yapı sunmaktadır.

3. Futbolda Dayanıklılık Antrenman Modelleri

Futbolda dayanıklılık antrenmanı, sporun aralıklı ve yüksek şiddetli doğası nedeniyle tek bir yöntemle sınırlı kalmayıp farklı antrenman modellerinin entegrasyonunu gerektirmektedir. Bu modeller genel olarak doğrusal (lineer) koşu temelli antrenmanlar ve futbola özgü oyun temelli uygulamalar olarak iki ana başlık altında incelenebilir. Bununla birlikte, son yıllarda yüksek şiddetli interval antrenmanları (HIIT), sprint interval antrenmanları (SIT) ve maksimal aerobik hız (MAS) temelli çalışmalar performans gelişiminde önemli yer edinmiştir (Clemente, ve ark., 2020; Škorik, M., ve ark., 2026).

3.1. Yüksek Şiddetli Interval Antrenmanı (HIIT)

Yüksek şiddetli interval antrenmanları (HIIT), belirli süreler boyunca yüksek yoğunlukta gerçekleştirilen egzersizlerin aktif veya pasif dinlenme periyotları ile ardışık olarak uygulanmasına dayanan etkili bir dayanıklılık geliştirme yöntemidir. Futbolda HIIT genellikle %85–95 maksimum kalp atım hızı (HRmax) şiddetinde, 2–4 dakika süren yüklenmeler ve 1–3 dakika arası dinlenme periyotları ile planlanmaktadır. Bu antrenman modeli, özellikle aerobik kapasitenin geliştirilmesinde en etkili yöntemlerden biri olarak kabul edilmekte olup VO₂max artışı, mitokondriyal yoğunlukta yükselme ve kardiyovasküler adaptasyonlar üzerinde önemli etkiler göstermektedir (Buchheit, 2012). Ayrıca HIIT, zaman açısından oldukça verimli olması ve bilimsel literatürde geniş kullanım alanı bulması nedeniyle antrenörler tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. Bununla birlikte, futbola özgü hareket paternlerinden kısmen uzak kalabilmesi, oyuncu motivasyonunun bazı durumlarda düşük olması ve nöromusküler yüklenmenin sınırlı düzeyde kalması bu yöntemin başlıca dezavantajları arasında yer almaktadır (Buchheit & Laursen, 2013).

3.2. Sprint Interval Antrenmanı (SIT)

Sprint interval antrenmanları (SIT) ise çok kısa süreli (genellikle 10–30 saniye) maksimal sprintler ile daha uzun dinlenme periyotlarının birleşiminden oluşan ve özellikle anaerobik kapasite ile nöromusküler performansı geliştirmeyi hedefleyen bir antrenman modelidir. Futbolda SIT uygulamaları çoğunlukla 6–10 tekrar, 20–30 metre sprint mesafesi ve 20–60 saniye dinlenme aralıkları ile yapılandırılmaktadır. Bu tür antrenmanlar sprint performansında doğrudan gelişim sağlaması, tekrarlı sprint yeteneğine (RSA) katkıda bulunması ve sinir-kas sistemi üzerinde güçlü adaptasyonlar oluşturması açısından oldukça etkilidir. Bununla birlikte SIT antrenmanlarının yüksek düzeyde yorgunluk oluşturması, özellikle hamstring kas grubu başta olmak üzere sakatlık riskini artırabilmesi ve aerobik kapasiteye olan katkısının sınırlı kalması önemli dezavantajlar olarak değerlendirilmektedir (Gibala ve ark., 2012; Spencer ve ark., 2005).

3.3. Maksimal Aerobik Hız (MAS) Temelli Antrenmanlar

Maksimal aerobik hız (MAS), bir sporcunun maksimum oksijen tüketimine (VO₂max) ulaştığı en düşük koşu hızı olarak tanımlanmakta ve dayanıklılık antrenmanlarının bireyselleştirilmesinde kritik bir referans noktası olarak kullanılmaktadır (Panasci ve ark., 2026). Bu yaklaşım, antrenman yükünün sporcuya özgü olarak ayarlanmasına imkân tanıyarak hem performans gelişimini optimize etmekte hem de aşırı yüklenme riskini azaltmaktadır. MAS temelli antrenmanlar genellikle %100–120 MAS şiddetinde, 15 saniye ile 3 dakika

arasında değişen yüklenme süreleri ve eşit ya da kısa dinlenme aralıkları ile planlanmaktadır. Bu yapı, hem aerobik hem de anaerobik enerji sistemlerini eş zamanlı olarak uyararak futbolun fizyolojik gereksinimleriyle yüksek düzeyde örtüşmektedir. Özellikle 30-15 Intermittent Fitness Test (30-15 IFT) gibi saha testleri ile belirlenen MAS değerleri, futbolculara özgü antrenman reçetelerinin oluşturulmasına olanak tanımakta ve uygulamada yüksek doğruluk sağlamaktadır (Buchheit ve ark., 2013). MAS temelli antrenmanların başlıca avantajları arasında bireyselleştirilmiş yüklenme sunması hem aerobik hem de anaerobik katkı sağlaması ve futbola özgü koşu yapısına yakın olması yer almaktadır. Bununla birlikte, bu yöntemin uygulanabilmesi için düzenli testlerin yapılması gerekliliği ve saha uygulamalarında yük takibinin zaman zaman zorlaşabilmesi önemli sınırlılıklar arasında değerlendirilmektedir.

Tekrarlı sprint antrenmanları (RSA temelli yaklaşım) ise kısa mesafeli sprintlerin sınırlı toparlanma süreleri ile tekrar edilmesine dayanan ve doğrudan maç içi performansı hedefleyen etkili bir antrenman modelidir. Futbolun doğası gereği yüksek şiddetli aksiyonların sık tekrar edilmesi gerektiğinden, RSA antrenmanları bu gereksinimi spesifik olarak karşılamaktadır. Tipik bir RSA protokolü, 6–10 tekrar halinde 20–30 metre sprintlerin 15–30 saniyelik kısa dinlenme aralıkları ile uygulanması şeklinde yapılandırılmaktadır. Bu tür yüklenmeler, yalnızca maksimal sprint performansını geliştirmekle kalmayıp aynı zamanda yorgunluk direncini artırmakta ve sprintler arası toparlanmayı hızlandıran aerobik sistem katkısını da güçlendirmektedir. Dolayısıyla RSA temelli antrenmanlar, futbolcularda hem hız hem de dayanıklılık bileşenlerini eş zamanlı olarak geliştiren, yüksek derecede spesifik ve etkili bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

3.4. Oyun Temelli Dayanıklılık Antrenmanları (Small-Sided Games, SSG)

Dar alan oyunları (small-sided games, SSG), modern futbol antrenmanının en temel ve işlevsel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu antrenman yöntemi, teknik, taktik ve fiziksel yüklenmenin eş zamanlı olarak sağlanabilmesine olanak tanınması nedeniyle özellikle sezon içi süreçte büyük avantaj sunmaktadır (Helgerud ve ark., 2007; Clemente ve ark., 2020; Hill-Haas ve ark., 2009). SSG uygulamalarında antrenman şiddeti; saha boyutu, oyuncu sayısı, temas kuralları, oyunda kullanılan top sayısı ve antrenör müdahalesi gibi değişkenler aracılığıyla kolaylıkla manipüle edilebilmektedir. Bu sayede antrenman içeriği, hedeflenen fizyolojik ve performans çıktılar doğrultusunda esnek bir şekilde düzenlenebilmektedir. Nitekim literatürde, uygun şekilde tasarlanan dar alan oyunlarının sporcuları %85–95 maksimum kalp atım hızı (HRmax) seviyelerine ulaştırabildiği, yüksek düzeyde laktat

üretimi oluşturduğu ve futbola özgü dayanıklılık gelişimine önemli katkılar sağladığı gösterilmiştir. Bununla birlikte SSG'lerin futbola özgü olması, oyuncu motivasyonunu artırması ve teknik-taktik unsurlarla fiziksel gelişimi entegre edebilmesi önemli avantajları arasında yer almaktadır. Ancak bu yöntemin bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Özellikle yük kontrolünün zor olması, standartizasyonun düşük olması ve bireysel oyuncular arasında oluşan yük farklılıkları, antrenman planlamasında dikkat edilmesi gereken önemli unsurlar olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 1. Lineer vs Oyun Temelli Antrenmanlar: Kritik Karşılaştırma

Özellik	Lineer Koşu (HIIT, MAS)	Oyun Temelli (SSG)
Yük kontrolü	Yüksek	Düşük
Spesifiklik	Düşük-Orta	Yüksek
Motivasyon	Orta	Yüksek
Nöromüsküler yük	Orta	Yüksek
Taktik katkı	Yok	Yüksek

4. Mikro Dozlama Yaklaşımı: Teorik Temeller ve Futbolda Uygulama

4.1. Mikro Dozlama Nedir?

Mikro dozlama (micro-dosing), antrenman biliminde son yıllarda giderek daha fazla ilgi gören bir yaklaşım olup, düşük hacimli ancak yüksek yoğunluklu ve sık tekrar eden antrenman uyarılarıyla ilgili performans adaptasyonlarını maksimize etmeyi amaçlayan bir modeldir. Bu yaklaşım, geleneksel antrenman periyotlamasının aksine, yüksek yüklenmeleri kısa sürelerle bölerek sporcular üzerinde oluşan toplam yorgunluğu minimize etmeyi hedefler (Jiménez-Rubio ve ark., 2024).

Klasik dayanıklılık antrenmanlarında adaptasyon sağlamak için genellikle yüksek hacimli ve sistematik yüklenmeler tercih edilirken, mikro dozlama yaklaşımı:

- Daha kısa süreli antrenmanlar
- Daha yüksek yoğunluk
- Daha sık uygulama
- Düşük toplam hacim prensiplerine dayanır.

Bu model, özellikle yoğun maç takvimine sahip takım sporlarında, performansın korunması ve geliştirilmesi açısından önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (Liu ve ark., 2024).

4.2. Mikro Dozlamanın Ortaya Çıkış Nedeni

Modern futbolun mevcut yapısı, geleneksel antrenman modellerinin uygulanabilirliğini önemli ölçüde sınırlandırmaktadır. Özellikle haftada 2–3 maçın oynandığı yoğun müsabaka periyotları, artan seyahat yükü, kısıtlı toparlanma süreleri ve buna bağlı olarak yükselen sakatlık riski, yüksek hacimli antrenmanların sürdürülebilirliğini zorlaştıran temel faktörler arasında yer almaktadır. Bu tür yoğunluk içeren dönemlerde sporcuların hem performanslarını korumaları hem de yorgunluk birikimini minimize etmeleri kritik bir gereklilik haline gelmektedir. Bu bağlamda mikro dozlama yaklaşımı, zaman kısıtlılığı, yorgunluk yönetimi, performansın korunması ve sakatlık riskinin azaltılması gibi temel problemlere çözüm sunan yenilikçi bir antrenman modeli olarak ortaya çıkmıştır (Cuthbert ve ark., 2024). Düşük hacimli ancak yüksek yoğunluklu antrenman uyaranlarının daha sık uygulanmasına dayanan bu yaklaşım, sınırlı zaman dilimlerinde maksimum fizyolojik ve performans adaptasyonlarını hedeflemektedir. Özellikle elit futbolcular üzerinde gerçekleştirilen güncel çalışmalar, mikro dozlama benzeri düşük hacimli yüksek yoğunluklu antrenman modellerinin, geleneksel yüksek hacimli yaklaşımlarla benzer hatta bazı durumlarda daha üstün adaptasyonlar sağlayabildiğini ortaya koymaktadır (Cuthbert ve ark., 2024; Jiménez-Rubio ve ark., 2024; Liu ve ark., 2024). Bu bulgular, mikro dozlama yaklaşımının modern futbolun gereksinimlerine uyum sağlayan, sürdürülebilir ve etkili bir antrenman stratejisi olduğunu desteklemektedir.

4.3. Mikro Dozlama ve Fizyolojik Mekanizmalar

Mikro dozlama yaklaşımının etkinliği, temel olarak birkaç fizyolojik mekanizmaya dayanmaktadır (Gibala ve ark., 2012). Yüksek şiddetli egzersizler, kısa sürede maksimum motor ünite aktivasyonu ve yüksek metabolik stres oluşturur. Bu durum, mitokondriyal biyogenez, oksidatif enzim aktivitesi ve kas içi enerji sistemlerinin gelişimi üzerinde güçlü etkiler yaratır. Kısa süreli yüksek yoğunluklu yüklenmeler ile kas liflerinin senkronizasyonunu artırır, kuvvet üretim hızını geliştirir ve sprint performansına katkı sağlar. Bu durum özellikle futbol gibi patlayıcı aksiyonların belirleyici olduğu sporlarda kritik öneme sahiptir. Düşük hacimli antrenmanlar sayesinde, merkezi sinir sistemi yorgunluğu azalır. Buna bağlı olarak kas hasarı minimize edilir ve glikojen depoları daha hızlı yenilenir. Bu durum daha sık kaliteli antrenman yapılmasına olanak tanır. Mikro dozlama ile uygulanan yüksek yoğunluklu kısa süreli

çalışmalar hem aerobik hem de anaerobik sistemleri aynı anda uyabilir. Bu özellik, futbolun fizyolojik gereksinimleri ile yüksek düzeyde örtüşmektedir (Gibala ve ark., 2012).

4.4. Futbolda Mikro Dozlama Neden Kritiktir?

Futbol, diğer birçok spordan farklı olarak sürekli değişken yoğunluklu bir yapıya sahiptir. Bu nedenle antrenman modellerinin spesifik yani branşa özgü olması önemlidir. Ayrıca yüklenme dönemleri ve performans ilişkisi incelendiğinde zamanın daha verimli kullanılması söz konusudur. Sezon içerisinde sporcularda yorgunluğa ve sakatlanma riskine bağlı olarak performans artışı zor olduğu için kritik bir öneme sahiptir. Mikro dozlama bu gereksinimlerin tamamını karşılayabilen nadir yaklaşımlardan biridir. Özellikle sezon içi süreçte performansın korunması, Sprint kapasitesinin sürdürülmesi ve aerobik gücün stabil tutulması açısından mikro dozlama etkili bir araç olarak kullanılabilir (Jiménez-Rubio ve ark., 2024).

4.5. Mikro Dozlama Yaklaşımının Avantajları ve Sınırlılıkları

Mikro dozlama yaklaşımı, düşük hacimli ancak yüksek yoğunluklu antrenman uyarıları sayesinde zaman verimliliği sağlaması, yorgunluk birikimini azaltması ve sakatlık riskini minimize etmesi bakımından sezon içi antrenman planlamasında önemli avantajlar sunmaktadır (Haugen ve ark., 2019). Bu yaklaşım, özellikle yoğun maç takvimi içerisinde performansın korunmasına katkıda bulunurken, aynı zamanda nöromusküler ve metabolik adaptasyonların birlikte geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, mikro dozlama yaklaşımının bazı sınırlılıkları da göz ardı edilmemelidir. Uzun vadeli fizyolojik adaptasyonlar açısından tek başına yeterli olmayabileceği, yüksek yoğunluklu yüklenmelerin uygun şekilde planlanmaması durumunda aşırı yüklenme riskini artırabileceği ve bireysel farklılıkların mutlaka dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca bu yaklaşımın etkin bir şekilde uygulanabilmesi için antrenman yükünün objektif olarak izlenmesini sağlayan GPS, kalp atım hızı (HR) ve benzeri ölçüm sistemlerinin kullanılması büyük önem taşımaktadır (Impellizzeri ve ark., 2019; MacInnis ve ark., 2017).

5. Milli Takım Aralarında Mikro Dozlama Temelli Dayanıklılık Stratejileri

5.1. Milli Takım Araları: “Mini Hazırlık Dönemi” Perspektifi

Sezon içerisinde milli takım maçları nedeniyle verilen 7–10 günlük aralar, klasik periyotlama içerisinde genellikle göz ardı edilen ancak doğru planlandığında yüksek performans kazanımları sağlayabilecek kritik zaman

dilimleridir. Bu süreçler, yoğun maç temposunun yarattığı yorgunluğun yönetilmesi ve fiziksel kapasitenin yeniden yapılandırılması açısından “mini hazırlık dönemi” olarak değerlendirilebilir. Ancak bu periyotların kısa olması, geleneksel dayanıklılık antrenman modellerinin uygulanmasını zorlaştırmaktadır (Cuthbert ve ark., 2024; Jiménez-Rubio ve ark., 2024; Liu ve ark., 2024). Bu noktada mikro dozlama yaklaşımı, sınırlı sürede yüksek adaptasyon elde etmek için ideal bir çözüm sunar.

5.2. Temel Planlama Prensipleri

Milli takım aralarında uygulanacak mikro dozlama temelli dayanıklılık antrenmanları aşağıdaki prensiplere dayanmalıdır:

1. Düşük Hacim – Yüksek Yoğunluk
2. Sık Uyarım (Frekansta Artış)
3. Nöromusküler Yük Yönetimi
4. Hibrit Model Kullanımı
5. Bireyselleştirme

Tablo 2. Milli Takım Arasında 7 Günlük Mikro Dozlama Temelli Dayanıklılık Antrenman Planı

Gün	Antrenman Türü	İçerik	Yoğunluk	Amaç
Gün 1	Rejenerasyon	Mobilite + düşük tempolu koşu (15–20 dk)	Düşük	Toparlanma
Gün 2	Mikro HIIT	3–4 × 2 dk (%90–95 HRmax), 2 dk aktif dinlenme	Yüksek	Aerobik uyarım
Gün 3	RSA + Sprint	2 × (6 × 20–25 m sprint), 20 sn dinlenme	Çok yüksek	Sprint + toparlanma
Gün 4	SSG	4 × 4 dk (4v4 / 5v5), 2 dk dinlenme	Orta-Yüksek	Teknik + dayanıklılık
Gün 5	MAS Intervalleri	2 × (8 × 15 sn koşu / 15 sn dinlenme)	Yüksek	Aerobik + anaerobik
Gün 6	Aktif Dinlenme	Teknik + core + mobilite	Düşük	Yenilenme
Gün 7	Kombine Gün	3 × 3 dk SSG + 4–6 × 30 m sprint	Yüksek	Maç simülasyonu

Doğru planlanmış bir mikro dozlama süreci sonunda:

- VO₂max korunur veya artar
- RSA performansı gelişir

- Sprint sayısı ve kalitesi artar
- Yorgunluk direnci yükselir. Bu kazanımlar, özellikle sezonun ikinci yarısında performans sürekliliği açısından kritik rol oynar.

Tablo 3. Mikro Dozlama İçin Kullanılan Antrenman Türlerinin Özeti

Antrenman Türü	Süre	Yoğunluk	Frekans	Temel Adaptasyon
HIIT	Kısa	Yüksek	Orta	VO ₂ max
RSA	Çok kısa	Çok yüksek	Orta	Sprint tekrar kapasitesi
MAS	Kısa-Orta	Yüksek	Orta	Aerobik güç
SSG	Orta	Değişken	Yüksek	Spesifik dayanıklılık

6. Mikro Dozlama Temelli Dayanıklılık Antrenmanlarının Performans Parametreleri Üzerine Etkileri

Mikro dozlama yaklaşımının etkinliği, yalnızca teorik avantajları ile değil, aynı zamanda çeşitli fizyolojik ve performans parametreleri üzerindeki ölçülebilir etkileri ile değerlendirilmelidir. Futbolda performans çok boyutlu bir yapı sergilediğinden, bu etkiler aerobik kapasite, tekrarlı sprint yeteneği, sprint performansı ve nöromüsküler yanıtlar bağlamında incelenmelidir (Cuthbert ve ark., 2024; Afonso ve ark., 2025).

6.1. Maksimal Oksijen Tüketimi (VO₂max)

VO₂max, futbolcularda aerobik kapasitenin en önemli göstergelerinden biri olup, yüksek şiddetli eforların sürdürülebilirliği açısından kritik rol oynamaktadır. Geleneksel yaklaşımlarda VO₂max gelişimi için yüksek hacimli dayanıklılık antrenmanları önerilmekle birlikte, son yıllarda düşük hacimli yüksek yoğunluklu antrenmanların benzer adaptasyonlar sağlayabildiği gösterilmiştir (Jiménez-Rubio ve ark., 2024; Liu ve ark., 2024). Mikro dozlama yaklaşımında uygulanan kısa süreli ancak yüksek yoğunluklu interval çalışmalar:

- Kardiyak debide artış
- Mitokondriyal yoğunlukta artış
- Oksijen kullanım kapasitesinde gelişim gibi adaptasyonları tetikleyerek VO₂max üzerinde olumlu etkiler oluşturabilir.

Özellikle %90–95 maksimum kalp atım hızı seviyesinde yapılan kısa süreli interval yüklenmelerin, sınırlı toplam süreye rağmen anlamlı aerobik gelişim sağladığı bildirilmektedir. Bu durum, mikro dozlama yaklaşımının sezon içi uygulanabilirliğini güçlendirmektedir.

6.2. Tekrarlı Sprint Yeteneği (RSA)

RSA, futbol performansının en kritik belirleyicilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Mikro dozlama yaklaşımı, RSA gelişimi açısından iki önemli mekanizma üzerinden etki göstermektedir:

- .. **Aerobik katkı**
- .. **Nöromüsküler adaptasyon**

Düşük hacimli ancak yüksek yoğunluklu sprint tekrarları, kas içi fosfokreatin yenilenmesini hızlandıran aerobik sistem ile anaerobik enerji sistemleri arasında güçlü bir adaptasyon oluşturur. Bu sayede sporcular, maç içerisinde yüksek şiddetli aksiyonları daha sık ve daha az performans kaybı ile gerçekleştirebilir. Araştırmalar, kısa süreli yoğun sprint antrenmanlarının bile RSA performansında anlamlı gelişmeler sağlayabileceğini göstermektedir. Bu durum mikro dozlamamanın özellikle zaman kısıtlı dönemlerde neden etkili olduğunu açıklamaktadır (Buchheit, M., 2012; Afonso ve ark., 2025).

6.3. Sprint Performansı ve Yüksek Şiddetli Koşular

Sprint performansı, futbol müsabakalarında maç sonucunu doğrudan etkileyen kritik faktörlerden biridir. Mikro dozlama yaklaşımı kapsamında uygulanan kısa mesafeli sprintler ve yüksek yoğunluklu yüklenmeler; maksimal hız gelişimi, hızlanma kapasitesi ve mekanik verimlilik üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır. Özellikle kısa süreli ve sık tekrar edilen sprint uyarıları, sinir-kas sisteminde yüksek aktivasyon sağlayarak performansın korunmasına yardımcı olur. Ayrıca bu tür yüklenmeler, oyuncuların sezon içerisinde kaybetmeye eğilimli olduğu sprint kapasitesinin stabil tutulmasını sağlar.

6.4. Nöromüsküler Performans ve Yorgunluk Yönetimi

Mikro dozlama yaklaşımının en önemli avantajlarından biri, nöromüsküler performans üzerindeki olumlu etkileridir. Geleneksel yüksek hacimli antrenmanlar genellikle, kas hasarı, merkezi sinir sistemi yorgunluğu ve performans düşüşü ile ilişkilendirilirken, mikro dozlama bu etkileri minimize etmeyi hedefler. Düşük hacimli yüklenmeler sayesinde ise kas liflerinde aşırı hasar oluşmaz, sinir sistemi daha hızlı toparlanır. Ayrıca antrenman kalitesi korunur. Bu durum, özellikle sezon içi süreçte performans sürekliliği açısından büyük avantaj sağlamaktadır (Buchheit, M., 2012).

6.5. Metabolik Yanıtlar ve Laktat Dinamikleri

Futbolda yüksek şiddetli aktiviteler sırasında laktat üretimi artmakta ve bu durum yorgunluk ile ilişkilendirilmektedir. Mikro dozlama yaklaşımında

uygulanan yüksek yoğunluklu kısa süreli egzersizler sırasında metabolik uyum anlamında fizyolojik gelişimler görülmektedir. Laktat toleransını artması, tamponlama kapasitesini gelişmesi ve metabolik verimliliği artışı ön plandadır. Bu adaptasyonlar, oyuncuların yüksek şiddetli eforları daha uzun süre sürdürebilmesine olanak tanır.

6.6. Performansın Korunması vs Geliştirilmesi

Sezon içi antrenmanlarda en büyük sorunlardan biri, performansın geliştirilmesinden ziyade korunmasının hedeflenmesidir. Mikro dozlama yaklaşımı bu noktada önemli bir avantaj sunar:

- Klasik modeller → performansı korur
- Mikro dozlama → koruma + geliştirme potansiyeli sunar

Özellikle kısa süreli yoğun uyarıların, detraining etkisini önlemede etkili olduğu ve bazı durumlarda performans artışı sağlayabildiği gösterilmiştir.

7. Tartışma

Modern futbolun artan fiziksel talepleri ve yoğun müsabaka takvimi, geleneksel yüksek hacimli dayanıklılık antrenmanlarının uygulanabilirliğini sınırlandırmaktadır. Bu bağlamda mikro dozlama yaklaşımı, düşük hacimli ancak yüksek yoğunluklu yüklenmeler ile benzer hatta bazı durumlarda daha üstün adaptasyonlar sağlayabilmesi açısından dikkat çekmektedir. Nitekim son yıllarda yapılan çalışmalar, düşük hacimli yüksek yoğunluklu interval antrenmanlarının aerobik kapasite ve metabolik adaptasyonlar üzerinde anlamlı gelişimler sağladığını ortaya koymuştur (Buchheit & Laursen, 2013; MacInnis & Gibala, 2017).

Bu çalışmada ele alınan mikro dozlama yaklaşımının VO_2max üzerindeki etkileri, literatürde yer alan yüksek şiddetli interval antrenman çalışmalarının destekler niteliktedir. Özellikle kısa süreli ancak %90–95 maksimal kalp atım hızı seviyesinde gerçekleştirilen yüklenmelerin, kardiyovasküler adaptasyonları tetiklediği ve aerobik kapasitenin korunmasına katkı sağladığı belirtilmektedir (Helgerud ve ark., 2007; Iaia & Bangsbo, 2010). Bu durum, milli takım araları gibi sınırlı sürelerde bile aerobik kapasitenin sürdürülebileceğini göstermektedir.

Tekrarlı sprint yeteneği (RSA) açısından değerlendirildiğinde, mikro dozlama yaklaşımının hem aerobik toparlanma süreçlerini hızlandırdığı hem de nöromüsküler performansı desteklediği görülmektedir. Buchheit (2012), RSA performansının yalnızca anaerobik kapasite ile değil, aynı zamanda aerobik sistemin etkinliği ile yakından ilişkili olduğunu vurgulamıştır. Bu doğrultuda mikro dozlama ile uygulanan kısa süreli yüksek yoğunluklu sprint

tekrarlarının, sprintler arası toparlanmayı iyileştirerek performans sürekliliğine katkı sağladığı söylenebilir.

Sprint performansı açısından mikro dozlama yaklaşımı değerlendirildiğinde, düşük hacimli ancak yüksek frekansta uygulanan sprint uyaranlarının sinir-kas sistemi üzerinde olumlu etkiler yarattığı görülmektedir. Haugen ve ark. (2019), sprint performansının korunması için düzenli yüksek yoğunluklu uyaranların gerekli olduğunu belirtmiş ve sezon içi süreçte sprint kapasitesinin korunmasının kritik olduğunu vurgulamıştır. Bu bağlamda mikro dozlama, sprint performansında meydana gelen sezon içi düşüşleri önleyebilecek etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

Oyun temelli antrenmanlar ile lineer koşu temelli antrenmanların karşılaştırıldığı çalışmalarda, her iki modelin farklı avantajlara sahip olduğu ancak hibrit kullanımın daha etkili olduğu ifade edilmektedir (Hill-Haas ve ark., 2011; Clemente ve ark., 2020). Bu çalışmada önerilen mikro dozlama yaklaşımı da benzer şekilde hem SSG hem de lineer sprint ve interval yüklenmelerin birlikte kullanılmasını içermektedir. Bu durum, antrenmanın hem fizyolojik hem de teknik-taktik boyutlarını kapsaması açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Sezon içi antrenmanların en önemli hedeflerinden biri performansın korunmasıdır. Ancak mikro dozlama yaklaşımı, yalnızca performansın korunmasını değil, aynı zamanda sınırlı sürelerde performans gelişimi sağlama potansiyeli de sunmaktadır. Bu durum, detraining etkisinin önlenmesi ve hatta tersine çevrilmesi açısından önemli bir avantajdır. Özellikle kısa süreli yüksek yoğunluklu antrenmanların, düşük hacimli olmalarına rağmen yüksek adaptasyon oluşturduğu gösterilmiştir (Gibala ve ark., 2012).

Bununla birlikte mikro dozlama yaklaşımının bazı sınırlılıkları da göz önünde bulundurulmalıdır. Öncelikle, yüksek yoğunluklu yüklenmelerin yanlış planlanması durumunda aşırı yüklenme ve sakatlık riski ortaya çıkabilir. Ayrıca bireysel farklılıklar (oyuncu seviyesi, mevki, yük geçmişi) dikkate alınmadan yapılan uygulamalar beklenen adaptasyonları sağlamayabilir. Bu nedenle mikro dozlama uygulamalarının, objektif yük takip sistemleri (GPS, kalp atım hızı, RPE) ile desteklenmesi gerekmektedir (Impellizzeri ve ark., 2019).

Sonuç olarak, bu bölümde ele alınan bulgular mikro dozlama yaklaşımının, özellikle sezon içi milli takım aralarında uygulanabilecek etkili, zaman verimli ve performans odaklı bir antrenman modeli olduğunu ortaya koymaktadır. Gelecek çalışmaların, bu yaklaşımın uzun vadeli etkilerini ve farklı oyuncu profilleri üzerindeki sonuçlarını incelemesi literatüre önemli katkılar sağlayacaktır.

Kaynakça

- Afonso, J., Nakamura, F. Y., Baptista, I., Pinho, G. R., Brito, J., & Figueiredo, P. (2025). Response to “Microdosing: A Conceptual Framework for Use as Programming Strategy for Resistance Training in Team Sports”. *Strength & Conditioning Journal*, 47(1), 118-119.
- Aguiar, M., Botelho, G., Lago, C., Maças, V., & Sampaio, J. (2012). A review on the effects of soccer small-sided games. *Journal of Human Kinetics*, 33, 103–113.
- Bangsbo, J. (1994). *Fitness training in football: A scientific approach*. August Krogh Institute.
- Buchheit, M. (2012). Repeated-sprint performance in team sport players. *Sports Medicine*, 42(6), 1–24.
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training solutions to the programming puzzle. *Sports Medicine*, 43(5), 313–338.
- Clemente, F. M., Sarmiento, H., Rabbani, A., Van Der Linden, C. M., Kargarfard, M., & Costa, I. T. (2020). Variations of external load variables between medium- and large-sided soccer games. *Research in Sports Medicine*, 28(1), 1–14.
- Cuthbert, M., Haff, G. G., McMahan, J. J., Evans, M., & Comfort, P. (2024). Microdosing: a conceptual framework for use as programming strategy for resistance training in team sports. *Strength & Conditioning Journal*, 46(2), 180-201.
- Dolci, F., Hart, N. H., Kilding, A. E., Chivers, P., Piggott, B., & Spiteri, T. (2020). Physical and energetic demand of soccer: A brief review. *Strength & Conditioning Journal*, 42(3), 70–77.
- Gibala, M. J., Little, J. P., Macdonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume high-intensity interval training. *Journal of Physiology*, 590(5), 1077–1084.
- Haugen, T., Tønnessen, E., & Seiler, S. (2019). Speed and sprint training in soccer. *Sports Medicine*, 49(2), 165–172.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(11), 1925–1931.
- Helgerud, J., et al. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(4), 665–671.
- Hill-Haas, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2011). Physiology of small-sided games. *Sports Medicine*, 41(3), 199–220.
- Iaia, F. M., & Bangsbo, J. (2010). Speed endurance training is a powerful stimulus. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(2), 11–23.

- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load. *Sports Medicine*, 49(3), 1–10.
- Jiménez-Rubio, S., Rodríguez, J. L. E., Escamilla-Galindo, V. E. G., Sáiz, S. L. J., & Del Coso, J. (2024). Effects of a 10-Week Athletic Performance Program on Match Performance Variables in Professional Football Players.
- Liu, G., Wang, X., & Xu, Q. (2024). Microdosing plyometric training enhances jumping performance, reactive strength index, and acceleration among youth soccer players: a randomized controlled study design. *Journal of sports science & medicine*, 23(2), 342.
- MacInnis, M. J., & Gibala, M. J. (2017). Physiological adaptations to interval training. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2915–2930.
- Panascì, M., Ferrando, V., Castagna, C., Apollaro, G., Ruggeri, P., & Faelli, E. L. (2026). Small-Sided Games vs. Running-Based High-Intensity Interval Training: An Exploratory Study of the Effects on Physical Performance and Internal Load in Under-11 Male Football Players. *Sports*, 14(3), 114. <https://doi.org/10.3390/sports14030114>.
- Riboli, A., et al. (2020). Training load monitoring in soccer. *Frontiers in Physiology*, 11, 1–12.
- Škorik, M., Kalina, T., Pupiš, M., & Hrubý, M. (2026). The impact of microdosed plyometric training on speed and explosive abilities of football players during the pre-season. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities. *Sports Medicine*, 35(12), 1025–1044.