

Nitrat Metabolizması ve Fiziksel Aktivite: Sistematiik İnceleme

Nitrate Metabolism and Physical Activity: A Systematic Review

^{1,4}Halil UÇAR

ORCID No: 0000-0002-4231-1267

²Yusuf BUZDAĞLI

ORCID No: 0000-0003-1809-5194

³Musa TÜRKMEN

ORCID No: 0000-0001-5606-444X

¹İnönü Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü, Malatya, Türkiye²Erzurum Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Erzurum, Türkiye³İnönü Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı, Malatya, Türkiye⁴Atatürk Üniversitesi, Kış Sporları ve Spor Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı, Erzurum, Türkiye

Yazışma Adresi

Corresponding Address:

Arş. Gör. Halil UÇAR

İnönü Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü, Malatya, Türkiye

E-posta: halil.ucar@inonu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 01.10.2025

Kabul Tarihi (Accepted): 02.12.2025

ÖZ

Nitrat, sporcu beslenmesinde besinsel ergojenik destek olarak öne çıkan doğal bir bileşendir. Diyetle alınan inorganik nitratın (özellikle pancar ve yeşil yapraklı sebzelerden) nitrik okside dönüşerek vazodilatasyonu artırdığı, kas oksijenlenmesini iyileştirdiği ve enerji metabolizmasını desteklediği rapor edilmiştir. Bu derlemede, Ocak 2020 – Ocak 2025 arasında PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, Taylor & Francis, EBSCOhost ve Google Scholar veri tabanları taranmış; “nitrate”, “nitric oxide”, “exercise performance”, “ergogenic aid”, “aerobic performance”, “anaerobic exercise”, “resistance training” ve “cognitive performance” anahtar kelimeleriyle ulaşılan çalışmalar incelenmiştir. Dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre seçilen 15 makale tematik olarak rapor edilmiştir. Bulgular, nitrat besinsel ergojenik desteğinin özellikle aerobik performansta dayanıklılığı artırma, oksijen tüketimini azaltma ve egzersiz toleransını yükseltme yönünde olumlu etkiler sağladığını göstermektedir. Anaerobik performans üzerindeki etkiler ise heterojendir; bazı çalışmalarda tekrarlı sprint ve direnç egzersizlerinde güç artışı görülürken, bazılarında anlamlı değişim rapor edilmemiştir. Ayrıca nitratın bilişsel işlev, oksidatif stres regülasyonu ve yüksek irtifa adaptasyonunda potansiyel katkılar sunduğu ancak daha fazla kanıtı ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Genel olarak, nitrat metabolizması spor performansını destekleme açısından umut vericidir; ancak bireysel yanıt farklılıkları, dozaj, kullanım süresi ve antrenman düzeyi gibi faktörler göz önünde bulundurularak gelecekte randomize kontrollü ve uzun süreli çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Nitrat, Nitrik oksit, Egzersiz performansı

ABSTRACT

Nitrate is a natural compound that stands out as a nutritional ergogenic supplement in sports nutrition. Dietary inorganic nitrate (notably from beetroot and leafy green vegetables) has been reported to convert to nitric oxide, thereby enhancing vasodilation, improving muscle oxygenation, and supporting energy metabolism. In this review, literature searches were conducted in PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, Taylor & Francis, EBSCOhost, and Google Scholar for the period January 2020–January 2025, using the keywords “nitrate”, “nitric oxide”, “exercise performance”, “ergogenic aid”, “aerobic performance”, “anaerobic exercise”, “resistance training”, and “cognitive performance”. Based on predefined inclusion and exclusion criteria, 15 studies were selected and reported thematically. The findings indicate that nitrate-based nutritional ergogenic support exerts positive effects particularly on aerobic performance by enhancing endurance, reducing oxygen consumption, and increasing exercise tolerance. The effects on anaerobic performance are more heterogeneous; some studies have reported increased power output in repeated sprint and resistance exercises, while others found no significant changes. Additionally, nitrate appears to offer potential benefits for cognitive function, oxidative stress regulation, and high-altitude adaptation, although further evidence is needed. Overall, nitrate metabolism demonstrates considerable potential for enhancing sports performance; nevertheless, there remains a need for future randomized, controlled, and long-term investigations that systematically account for individual variability in responses, as well as factors such as dosage, duration of administration, and training status.

Keywords: Nitrate, Nitric oxide, Exercise performance

GİRİŞ

Nitrik oksit (NO) hücrel solunum, vazodilatasyon, anjiyogenez ve kas fonksiyonları gibi birçok biyolojik süreçte temel rol oynayan bir sinyal molekülüdür. NO'nun fizyolojik etkileri arasında damar genişlemesini sağlayarak kan akışını artırması, oksijen ve besin maddelerinin kaslara taşınmasını iyileştirmesi ve egzersiz sırasında metabolik yan ürünlerin uzaklaştırılmasını desteklemesi yer almaktadır (Lundberg ve Govoni, 2004).

Diyet nitratı, özellikle yeşil yapraklı sebzeler (örn. ıspanak, marul, pancar) gibi nitrat açısından zengin besinlerde bol miktarda bulunmaktadır. Özellikle pancar suyu temelli nitrat besinsel ergojenik desteğinin hipoksi ve normoksi koşullarında kas oksijen kullanım dinamiklerini iyileştirdiği gösterilmiş olup bu nedenle literatürde en sık tercih edilen ergojenik model olarak değerlendirilmektedir (Kelly ve diğ., 2014). Vücuda alındığında nitrat önce nitrite (NO_2^-) ardından NO dönüştürülerek vasküler ve metabolik süreçleri destekler (Jones, 2014). Bu süreç, NO'nun kan damarlarını genişleterek kaslara daha fazla oksijen ve besin taşınmasını sağlaması sayesinde fiziksel performansı artırma potansiyeline sahiptir. Vücuda alındıktan sonra NO_2^- , ardından NO dönüşüm gerçekleşir ve bu dönüşüm hipoksik koşullar altında nitrik oksit sentazı (NOS) bağımsız alternatif bir mekanizma olarak daha aktif çalışmaktadır (Jones, 2014; Lundberg ve diğ., 2008). Plazma nitrat ve nitrit düzeyleri, alımdan sonraki ilk 2–3 saat içerisinde zirveye ulaşmakta ve yaklaşık 24 saat içerisinde başlangıç seviyelerine dönmektedir (Webb ve diğ., 2008). Bu süreçte ağız florasında bulunan bakteriler kritik bir rol oynamaktadır ve bu nedenle güçlü antibakteriyel ağız gargaralarının nitratın NO'ya dönüşümünü baskılayabileceği bildirilmektedir (Clifford ve diğ., 2015).

NO üretimindeki artış vasküler düz kaslarda vazodilatasyonu uyarak kan akışını artırmakta ve egzersiz sırasında kaslara taşınan oksijenin kullanım verimliliğini yükseltmektedir. Bu mekanizma, özellikle dayanıklılık egzersizlerinde yorgunluğun gecikmesi ve performans kapasitesinin artmasına katkı sağlamaktadır (Jones ve diğ., 2018). İkinci olarak, NO üretimi kas kasılmalarında enerji üretim verimliliğini artırabilir ve mitokondriyal fonksiyonları optimize ederek egzersiz kapasitesini yükseltebilir (Larsen ve diğ., 2010). Son olarak NO, yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında biriken laktat ve diğer metabolik yan ürünlerin uzaklaştırılmasına yardımcı olarak kasların daha uzun süreli çalışmasına olanak tanıyabilir (Wylie ve diğ., 2013).

Son yıllarda yapılan klinik ve deneysel araştırmalar, nitrat besinsel ergojenik desteğinin yalnızca oksijen kullanımını iyileştiren bir besinsel ergojenik destek değil, aynı zamanda çevresel stres koşullarına (hipoksi, sıcaklık, yorgunluk vb.) karşı fizyolojik adaptasyonu da etkileyen çok yönlü bir mekanizma olduğunu göstermektedir. Örneğin Kelly ve diğerleri (2014) nitrat alımının oksijen maliyetini düşürerek dayanıklılık performansını artırdığını bildirirken; Tan ve diğerleri (2022) kadın ve erkek sporcularda cinsiyete bağlı farklı yanıtlar olabileceğini vurgulamıştır.

Ancak literatürdeki bu bulgular oldukça sınırlıdır ve 2020–2025 yılları arasında yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu farklı dozaj, süre, katılımcı profili ve egzersiz protokolü ile yürütüldüğü için sonuçlar sistematik bir bütünlük içinde değerlendirilememektedir. Bu nedenle mevcut çalışma, nitrat besinsel ergojenik desteğinin egzersiz performansı üzerindeki etkilerini güncel bilimsel kanıtlar ışığında karşılaştırmalı ve analitik bir bakış açısıyla derleyerek literatürdeki bu metodolojik boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Sonuç olarak, nitrat metabolizması ve NO üretimi hem spor performansını artırma hem de kardiyovasküler sağlığı destekleme potansiyeline sahip önemli biyolojik süreçlerdir. NO'nun egzersiz süresince oksijen taşınmasını ve enerji üretimini optimize etmesi, özellikle dayanıklılık sporcuları için büyük bir avantaj sağlayabilir. Ayrıca, nitrat açısından zengin besinlerin düzenli tüketimi, kardiyovasküler hastalık riskini azaltmada maliyet etkin bir strateji olarak

değerlendirilebilir. Bu bölümde, nitrat metabolizmasının fizyolojik süreçler üzerindeki etkileri ve fiziksel performansla ilişkisi ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Mevcut literatür incelendiğinde, nitrat besinsel ergojenik desteğinin egzersiz performansı üzerindeki etkilerine ilişkin bulguların büyük oranda heterojen olduğu, farklı protokollere dayalı ve özellikle son yıllarda artan yeni kanıtlarla birlikte güncelliğini koruyan bir araştırma alanı olduğu görülmektedir. Ancak 2020-2025 yılları arasındaki klinik ve deneysel çalışmaların, aerobik-anaerobik performans, bilişsel yanıtlar ve çevresel koşullar (hipoksi vb.) bağlamında bütüncül ve karşılaştırmalı biçimde ele alındığı sistematik bir derleme literatürde net olarak bulunmamaktadır. Bu bağlamda, bu çalışma güncel verileri sentezleyerek nitrat besinsel ergojenik desteğinin performans üzerindeki etkilerini kapsamlı şekilde değerlendirmeyi ve gelecekteki araştırmalar için bilimsel bir yönlendirme sunmayı amaçlamaktadır.

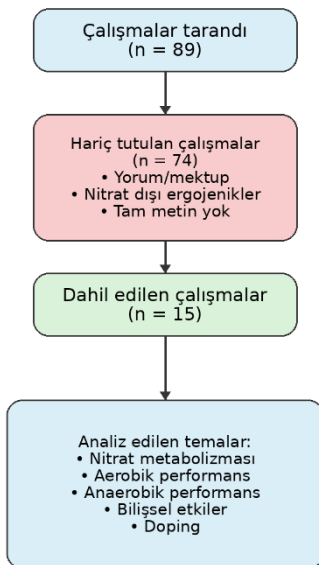
YÖNTEM

Bu derleme çalışması kapsamında, Ocak 2020 – Ocak 2025 yılları arasında PubMed, ScienceDirect (Elsevier), SpringerLink, Taylor ve Francis, EBSCOhost ve Google Scholar veri tabanları taranmıştır. Literatür taramasında kullanılan anahtar kelimeler: “nitrate”, “nitric oxide”, “exercise performance”, “ergogenic aid”, “aerobic performance”, “anaerobic exercise”, “resistance training”, “cognitive performance” şeklinde belirlenmiştir. *Dahil etme kriterleri:* İnsan veya hayvan modeli üzerinde yapılmış, nitratın metabolizması veya egzersiz performansı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar. Egzersiz protokolleri, besinsel ergojenik destek dozajları veya fizyolojik etkiler hakkında açık veri sunan araştırmalar. *Hariç tutma kriterleri:* Yorum yazıları, mektup, editöre yanıt gibi hakemli araştırma niteliği taşımayan yayınlar. Nitrat dışındaki besinsel ergojenik desteklerle ilgili olup nitratla ilişkisi bulunmayan çalışmalar. Tam metnine ulaşılamayan veya metodolojik olarak yetersiz (örneğin sadece vaka raporları) olan yayınlar.

Bu kriterlere göre yapılan inceleme sonucunda toplam 89 makaleye ulaşılmış, tekrar eden ve kriterlere uymayan çalışmalar çıkarıldıktan sonra 15 makale derlemeye dahil edilmiştir. Bu seçim sürecine ilişkin ayrıntılar Şekil 1’de sunulan PRISMA Akış Diyagramı ile görsel olarak özetlenmiştir.

Şekil 1

Literatür Taraması ve PRISMA Akış Diyagramı



Tarama sonrasında çalışma verilerinin sistematik olarak kaydedilmesi süreci iki araştırmacı tarafından bağımsız şekilde yürütülmüş ve olası görüş ayrılıkları üçüncü bir araştırmacı tarafından görüş birliğine varılarak giderilmiştir. Her çalışma için egzersiz türü, kullanılan NO_3 formu ve dozajı (mmol veya mg/kg), katılımcı profili (yaş, cinsiyet, antrenman düzeyi), performans değerlendirme protokolü ve etki yönü (artış, değişim yok veya düşüş) sistematik bir veri formu kullanılarak kaydedilmiştir. Elde edilen veriler içerik analizi (indüktif tematik yaklaşım) ile değerlendirilmiş ve tekrar eden performans odaklı bulgular doğrultusunda dört ana tema (aerobik performans, anaerobik performans, bilişsel etkiler ve yüksek irtifa adaptasyonu) altında yapılandırılmıştır.

BULGULAR

Bu derlemede Ocak 2020 – Ocak 2025 yılları arasında yayımlanmış ve dahil etme kriterlerini karşılayan 15 çalışma incelenmiştir. Çalışmalar, nitratın aerobik performans, anaerobik performans, bilişsel performans etkiler ve yüksek irtifa adaptasyonu üzerindeki etkilerine odaklanmıştır.

Aerobik performans üzerine etkileri, literatürde sıklıkla incelenmiştir. On bir çalışmada nitrat besinsel ergojenik desteğinin aerobik performansa etkileri değerlendirilmiş ve genel olarak pancar suyu veya sodyum nitrat desteğiyle plazma nitrat ve nitrit düzeylerinde anlamlı artışlar gözlenmiştir. Ancak bazı çalışmalarda (Leal ve diğ., 2024; Rowland ve diğ., 2024) performans göstergelerinde anlamlı fark rapor edilmemiştir.

Bu bulgular, nitrat desteğinin dozajı, uygulama süresi, katılımcı profili (sporcu cinsiyeti ve düzeyi), kullanılan egzersiz protokolü (örneğin VO_2 ölçümü, tükenme süresi testleri) ve elde edilen performans çıktılarıyla birlikte karşılaştırmalı biçimde Tablo 1’de ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Anaerobik performans üzerine etkileri, beş çalışmada nitrat besinsel ergojenik desteğinin anaerobik performans üzerine etkileri incelenmiştir. Saleh (2024) ve Garnacho-Castaño (2022) nitrat desteğinin tekrarlı yüksek yoğunluklu egzersizlerde performansı artırdığını göstermiştir. Buna karşın, bazı araştırmalarda (Blau ve diğ., 2023; Esen ve diğ., 2024) kas oksijenasyonu ve enerji metabolizması parametrelerinde anlamlı değişiklikler bulunmamıştır. Genel olarak, anaerobik performans üzerindeki bulgular heterojen olup, antrenman düzeyi, dozaj ve egzersiz türüne bağlı farklılık göstermektedir. Anaerobik performansa ilişkin çalışmalardan elde edilen bu heterojen bulgular, kullanılan egzersiz protokolleri (örneğin yüksek yoğunluklu interval, izometrik kasılma, CrossFit testleri), ölçülen parametreler (güç çıktısı, kas oksijenasyonu, miyogloblin düzeyleri vb.) ve performans sonuçlarıyla birlikte karşılaştırmalı olarak Tablo 1’de detaylı biçimde özetlenmiştir.

Bilişsel etkiler ve yüksek irtifa adaptasyonu bağlamında, bazı çalışmalar nitrat besinsel ergojenik desteğinin yalnızca fiziksel performansı değil, aynı zamanda bilişsel performansı ve adaptasyon süreçlerini de destekleyebildiğini göstermektedir. Hennis (2022) nitrat desteğinin plazma nitrat konsantrasyonunu artırdığını, ancak yüksek irtifada egzersiz verimliliğine sınırlı katkı sunduğunu rapor etmiştir. Oksidatif stres belirteçleri üzerine yapılan çalışmalar, hipoksik koşullarda nitratın antioksidan savunmaya kısmi katkı sağlayabileceğini göstermiştir (Sousa ve diğ., 2025). Bulgular, nitrat desteğinin özellikle aerobik dayanıklılık performansında olumlu etkiler sunduğunu; anaerobik performans, bilişsel işlevler ve yüksek irtifa adaptasyonu üzerine etkilerinin ise daha fazla kanıt gerektirdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, cinsiyet farklılıkları, bireysel yanıt çeşitliliği ve dozaj protokolleri gelecekteki çalışmalar için önemli araştırma alanları olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 1

Nitratın Egzersiz Performansına Etkileri

Yazar, Yıl	Katılımcılar	Egzersiz Protokolü	Doz / Besinsel Ergojenik Destek	Sonuç
(Sacramento ve diğ., 2024)	15 kişi	Maksimal aerobik hız testi + %100 MAS'ta 2 seans HIIE	8.4 mg·kg ⁻¹ sodyum nitrat (2.5 saat önce)	√ RPE düşüştü, √ seans sonrası RPE, HIIE sırasında daha düşük algılanan efor.
(Tan ve diğ., 2022)	12 erkek, 6 kadın sporcu	4 gün besinsel ergojenik destek sonrası 6 dk bisiklet egzersizi, VO ₂ ölçümü	NO ₃ zengin pancar suyu vs NO ₃ tükenmiş PS	∧ Plazma NO ₃ artışı. = VO ₂ yanıtlarında fark yok.
(Pavitt ve diğ., 2022)	20 KOAH hastası	Dayanıklılık mekik yürüyüş testi	140 mL pancar suyu (12.9 mmol NO ₃)	∧ Dayanıklılık süresinde anlamlı artış (p < 0.0001). ∧ Egzersiz süresinde artış. ∧ Plazma nitrat/nitrit yükseldi. = Kan basıncı/laktat/glikoz farkı yok.
(Saleh ve diğ., 2024)	14 rekreasyonel sporcu	Yüksek yoğunluklu aralıklı egzersiz testi	25 g pancar kristali (8.1 mmol NO ₃)	∧ Squat tekrarlarında artış. ∧ VO ₂ düşüştü. ∧ Miyogloblin artışı.
(Garnacho-Castaño ve diğ., 2022)	11 erkek CrossFit sporcusu	90 sn duvar topu atışı + 60 sn squat	140 mL yüksek NO ₃ pancar suyu	∧ Plazma NO ₃ artışı. = Egzersiz verimliliği değişmedi. ∧ VO ₂ peak yüksek irtifada azaldı.
(Hennis ve diğ., 2022)	21 erkek sporcu	Deniz seviyesi ve yüksek irtifada bisiklet testleri	3 gün boyunca günde 3 kez pancar suyu (~0.18 mmol/kg/gün)	∧ Erkeklerde VO ₂ azalması ve TTE uzaması. = Kadınlarda anlamlı etki yok.
(Ortiz de Zavallos ve diğ., 2023)	26 genç yetişkin	2 x 4 dk orta yoğunluklu egzersiz + tükenene kadar egzersiz	3 gün boyunca günde 2 kez 70 mL pancar suyu (~13 mmol NO ₃)	= Zamanlamaya bağlı fark yok. = Kan basıncı değişmedi.
(Rowland ve diğ., 2024)	12 genç	Şiddetli bisiklet egzersiz tolerans testi (sabah-öğle-akşam)	13 mmol pancar suyu	= MUP/MUFR farkı yok. ∧ MUP iyileşme süresi daha kısa.
(Esen ve diğ., 2024)	14 genç erkek	BFR ile 3 dk izometrik kasılma + 90 sn iyileşme	5 gün pancar suyu vs plasebo	= HRmax, HRIP, HRDP ve Vpeak fark göstermedi.
(Leal ve diğ., 2024)	13 amatör erkek sporcu	Koşu bandında artımlı test (PIT)	70 mL pancar suyu (6.4 mmol NO ₃)	= O ₂ tüketimi ve enerji metabolizmasında fark yok. ∧ Plazma nitrat/nitrit ↑, trigliserit ↓, amonyak ↑.
(Blau ve diğ., 2023)	17 kişi	10 gün yüksek yoğunluklu, yüksek hacimli antrenman	Günlük 8.5 mg/kg sodyum nitrat	∧ Arteriyovenöz O ₂ farkı artışı. = Kan akışı ve basınç parametreleri değişmedi.
(Fenuta ve diğ., 2024)	17 kişi	Önkol artımlı egzersiz testi (IET-LOT)	Pancar suyu	∧ Kas ve kalpte bazal nitrit azaldı. = Nitrat seviyesi değişmedi.
(Majerczak ve diğ., 2024)	Fare	8 hafta antrenman (sprint + dayanıklılık)	Nitrat/nitrit ölçümü	∧ Hipoksik ortamda GPX ve MDA artışı engellendi. = NO ₃ besinsel ergojenik desteği sınırlı etki gösterdi.
(Sousa ve diğ., 2025)	30 antrenmanlı kişi	4 hafta HIIT, hipoksik vs normoksik ortam	NO ₃ dozu belirtilmedi	∧ Plazma NO ₃ ↑. = MAP, HR ve venöz hacimde fark yok.
(Oue ve diğ., 2022)	16 genç yetişkin (10 erkek, 6 kadın)	2 dk statik tutuş egzersizi (%30 MVC)	140 mL pancar suyu (8 mmol NO ₃)	

Rapor edilen deney sonuçlarıyla ilişkili etki yönünü gösteren işaretlemeler şu şekilde gösterilmiştir; (=) değişiklik/iyileşme yok, (∧) performansta artış, (√) performansta azalma

Kısaltmalar: NO₃ = nitrat, NO₂⁻ = nitrit, VO₂ = oksijen tüketimi, VO₂peak = zirve oksijen tüketimi, HRmax = maksimum kalp atım hızı, RPE = algılanan efor düzeyi, MAS = maksimal aerobik hız, HIIE = yüksek yoğunluklu interval egzersiz, MVC = maksimal istemli kasılma, MAP = ortalama arter basıncı, MUP = motor birim potansiyeli, MUFR = motor birim ateşleme hızı, TTE = tükenme süresi, GPX = glutatyon peroksidaz, MDA = malondialdehit, HIIT = yüksek yoğunluklu interval antrenmanlar

Aerobik Performans Üzerindeki Etkiler: Çalışmaların önemli bir bölümü, nitrat besinsel ergojenik desteğinin aerobik performans üzerindeki fizyolojik ve fonksiyonel çıktılar açısından dikkate değer etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Bu çalışmalar genel olarak koşu, bisiklet, maksimum aerobik testler, dayanıklılık yürüyüş protokolleri ve yüksek irtifa koşullarında gerçekleştirilen testler üzerinden değerlendirilmiştir.

Birçok araştırmada pancar suyu veya sodyum nitrat tüketimi ile oksijen kullanımının verimliliğinde artış, VO_{2max} yanıtlarında iyileşme ve egzersiz toleransında uzama gözlenmiştir. Örneğin Sacramento ve diğerleri (2024), maksimum aerobik hızın %110'unda gerçekleştirilen dayanıklılık koşusunda nitrat alımının RPE düzeylerini azaltarak koşu ekonomisini olumlu etkilediğini göstermiştir. Tan ve diğerleri (2024) ise 12 erkek ve 6 kadın sporcu üzerinde yaptıkları bisiklet protokolünde VO_{2max} yanıtlarında belirgin iyileşmeler rapor etmişlerdir.

Klinik popülasyonlar üzerinde yapılan araştırmalar da aerobik kapasite ile ilişkili belirgin etkiler ortaya koymuştur. Pawitt ve diğerleri (2022), KOAH hastalarında yapılan dayanıklılık yürüyüş testlerinde pancar suyu tüketiminin dayanıklılık mesafesini anlamlı biçimde artırdığını bildirmiştir. Bu bulgu, nitrat desteğinin yalnızca sağlıklı atletik popülasyonlarda değil, oksijen kullanımı sınırlı klinik bireylerde de aerobik performansı destekleyebileceğini göstermektedir.

Yüksek irtifa ve hipoksi koşullarında gerçekleştirilen çalışmalar da nitrat desteğinin aerobik performansa katkı sunduğunu desteklemektedir. Hemus ve diğerleri (2022), yüksek irtifa bisiklet testlerinde pancar suyu alımının plazma NO seviyelerini yükselttiğini ve egzersiz verimliliğini artırdığını rapor etmiştir. Ortiz de Zevallos ve diğerleri (2023) ise 26 yetişkin üzerinde yaptıkları 2×4 dk yüksek yoğunluklu aerobik protokolde nitrat desteğinin VO_{2max} azalması ile ilişkili olarak tükenme süresini uzattığını ve zaman-kadra farkını anlamlı şekilde iyileştirdiğini bildirmiştir. Yüksek irtifa koşullarında pancar suyu desteğiyle plazma nitrat düzeylerinde artış ve egzersiz verimliliğinde iyileşme rapor edilmiştir. Bununla birlikte bazı çalışmalar aerobik performans göstergelerinde anlamlı bir değişiklik olmadığını da rapor etmiştir. Örneğin Rowland ve diğerleri (2024) 12 genç üzerinde gerçekleştirdikleri bisiklet tolerans testinde pancar suyu desteğinin MUP/MUTR parametreleri üzerinde belirgin bir etki oluşturmadığını belirtmiştir. Bazı çalışmalarda aerobik performans göstergelerinde artış bildirilirken, bazı çalışmalarda anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, derlenen çalışmalar nitrat desteğinin VO_{2max} maliyeti, egzersiz toleransı, dayanıklılık süresi ve algılanan zorluk düzeyi üzerinde belirgin pozitif etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Özellikle bisiklet ve koşu tabanlı aerobik protokollerde nitratın performans ekonomisini iyileştirdiği, hipoksik veya yüksek irtifa koşullarında ise oksijen kullanımının sınırlı olduğu durumlarda daha belirgin ergojenik etkiler ortaya koyduğu görülmektedir. Bu bulgular, nitrat desteğinin aerobik kapasiteyi artırmada potansiyel olarak etkili bir besinsel ergojenik destek olduğunu güçlü biçimde desteklemektedir.

Anaerobik Performans Üzerindeki Etkiler: Nitrat besinsel ergojenik desteğinin anaerobik performans üzerindeki etkilerine ilişkin bulgular, derlenen çalışmalar arasında belirgin bir çeşitlilik göstermektedir. Özellikle yüksek yoğunluklu interval antrenmanlar (HIIT), sprint tabanlı yüklenmeler, izometrik kasılma protokolleri ve yüksek hacimli anaerobik egzersiz testleri üzerinde yürütülen araştırmalar, nitrat desteğinin kısa süreli ve glikolitik enerji sisteminin baskın olduğu durumlarda performansı nasıl etkilediğine dair önemli bilgiler sunmaktadır.

Blau ve diğerleri (2023), 10 günlük yüksek yoğunluklu ve yüksek hacimli interval antrenman protokolü uygulanan 17 kişi üzerinde yaptıkları araştırmada günlük 8.5 mg sodyum nitratın VO_{2max} tüketimi ve enerji metabolizması üzerinde anlamlı bir değişiklik oluşturmadığını, ancak amonyak düzeylerini azalttığını rapor etmiştir. Nitrat desteği

uygulanan çalışmada amonyak düzeylerinde azalma bildirilmiştir. Bununla birlikte, performans çıktılarında belirgin bir gelişme rapor edilmemiştir.

Gamacho-Canasito ve diğerleri (2022), yüksek yoğunluklu CrossFit protokolünde pancar suyu desteğinin squat ve deadlift gibi anaerobik güç gerektiren hareketlerde VO_{max} düşüşü ve TTE uzaması ile ilişkili performans artışları sağladığını göstermiştir. Bu sonuçlar, nitratin özellikle tekrarlı yüksek yoğunluklu eforlarda kas oksijenlenmesini destekleyerek anaerobik kapasiteyi iyileştirebileceğini göstermektedir.

Esen ve diğerleri (2024), BFR ile kombine edilen 3×6 izometrik kasılma protokolünde uygulanan pancar suyu desteğinin MUP/MUTR farkı üzerinde anlamlı bir etki göstermediğini, yani nöromüsküler yanıtları belirgin biçimde değiştirmedığını bildirmiştir. Bu çalışma, nitrat desteğinin her anaerobik protokolda etkili olmadığını ve yüklenme yöntemi ile kas aktivasyon düzeyinin etkilerin ortaya çıkmasında kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

Leon ve diğerleri (2024), 13 amatör sporcu üzerinde yürüttükleri koşu bandında uygulanan anaerobik PIT testinde pancar suyunun HR_{max} , RPE, HRDP ve V_{peak} parametrelerini anlamlı şekilde etkilemediğini rapor etmiştir. Bu bulgu, nitrat desteğinin anaerobik koşu performansı üzerinde tutarlı bir ergogenik etki göstermediğini ve özellikle antrenmansız veya düşük antrenmanlı popülasyonlarda yanıtların daha sınırlı olabileceğini göstermektedir.

Bazı çalışmalar anaerobik yüklenmelerde olumlu sonuçlar bildirirken bazıları anlamlı bir etki göstermemiştir. Bu farklılıklar; kullanılan nitrat formu, dozaj (mg/kg veya mmol), uygulama süresi, katılımcıların antrenman düzeyi, protokollerin yoğunluğu ve fizyolojik talepleri gibi değişkenlere bağlı olabilir. Özellikle kısa süreli, yüksek patlayıcı güç gerektiren egzersizlerde nitrat desteğinin etkilerinin daha sınırlı olduğu, ancak tekrarlı anaerobik eforlarda veya hem aerobik hem anaerobik talebin bir arada bulunduğu protokollerde etkilerin daha belirgin hâle gelebildiği görülmektedir.

Genel olarak bulgular değerlendirildiğinde, nitrat desteğinin anaerobik performans üzerindeki etkilerinin aerobik performansa kıyasla daha heterojen, protokole duyarlı ve bireysel yanıtlara bağlı olduğu söylenebilir. Bununla birlikte bazı çalışmalarda biyoenergetik yüklenme altında metabolik yan ürünlerin azalması, kas oksijenlenmesinin iyileşmesi ve yorgunluğun gecikmesi gibi olumlu yönde değişimler gözlenmiştir. Bu veriler, nitrat desteğinin anaerobik performansta potansiyel faydalar sağlayabileceğini ancak bu etkinin egzersiz türüne, bireysel özelliklere ve protokol detaylarına güçlü biçimde bağımlı olduğunu göstermektedir.

Bilişsel Performans Üzerindeki Etkiler: Derlenen çalışmalar nitrat besinsel ergojenik desteğinin bilişsel performans üzerinde dolaylı faydalar sağlayabileceğini göstermektedir. Özellikle Hemus ve diğerleri (2022), yüksek irtifada artan NO seviyelerinin oksijen sunumunu iyileştirerek egzersiz sırasında bilişsel süreçlerin korunmasına katkı sağlayabileceğini bildirmiştir. Gamacho-Casaito ve diğerleri (2022) ise yüksek yoğunluklu egzersizlerde metabolik verimliliğin artmasının mental yorgunluğu azaltabileceğini ortaya koymuştur. Blau ve diğerleri (2023) tarafından rapor edilen amonyak düzeylerindeki azalma da merkezi yorgunluğun hafifletilmesi açısından önemli bir bulgudur. Bu sonuçlar, nitrat desteğinin özellikle yoğun efor ve oksijen kısıtlı ortamlarda bilişsel fonksiyonların sürdürülmesine yardımcı olabileceğini göstermektedir.

Yüksek İrtifa Adaptasyonu Üzerindeki Etkiler: Derlenen çalışmalar, nitrat besinsel ergojenik desteğinin yüksek irtifa koşullarında oksijen sunumunu ve egzersiz verimliliğini iyileştirerek adaptasyon süreçlerine katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Hemus ve diğerleri (2022), yüksek irtifada uygulanan bisiklet protokolünde pancar suyu alımının plazma NO seviyelerini artırdığını, bunun sonucunda VO_{2peak} yanıtlarını ve egzersiz verimliliğini geliştirdiğini rapor etmiştir.

Bu bulgular, hipoksik ortamda oluşan oksijen kısıtlılığının nitrat desteğiyle kısmen telafi edilebildiğini ve performans üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılabileceğini göstermektedir.

Ortiz de Zevallos ve diğerleri (2023) tarafından bildirilen VO_2 azalması ve tükenme süresindeki artış da nitrat desteğinin oksijen kullanım verimliliğini artırarak yüksek irtifada daha uzun süreli eforların sürdürülebilmesine katkı sağlayabileceğini desteklemektedir.

Genel olarak nitrat desteği, hipoksinin neden olduğu fizyolojik stresin azaltılması, kas oksijenlenmesinin desteklenmesi ve egzersiz toleransının artırılması yoluyla yüksek irtifa adaptasyonunu olumlu yönde etkileyen bir besinsel ergojenik destek olarak görünmektedir. Ancak bu alandaki çalışma sayısının sınırlı olması daha kontrollü araştırmalara ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, nitrat kullanımının aerobik performans üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu gösterilmiştir. Nitrat desteğinin plazma nitrat ve nitrit düzeylerini artırarak nitrik oksit üretimini desteklediği, bunun da damar genişlemesi, kas oksijenlenmesi ve enerji metabolizmasında iyileşmeler sağladığı görülmektedir. Bu etkiler sonucunda dayanıklılık kapasitesi ve egzersiz toleransında artış rapor edilmiştir. Buna karşın, anaerobik performans üzerindeki etkiler daha heterojen sonuçlar ortaya koymuştur. Bazı çalışmalarda tekrarlı sprint ve direnç egzersizlerinde performans artışı gözlenirken, bazı araştırmalarda anlamlı farklılık rapor edilmemiştir. Bu çelişkili bulgular, kullanılan besinsel ergojenik destek protokolleri (doz, süre, form), katılımcı özellikleri (antrenman düzeyi, cinsiyet, fizyolojik yanıt farklılıkları) ve uygulanan egzersiz türlerindeki çeşitlilikten kaynaklanıyor olabilir.

Bilişsel etkiler açısından literatür sınırlı olmakla birlikte, nitrat desteğinin algılanan eforu azaltma, zihinsel yorgunluğu hafifletme ve hipoksik koşullarda adaptasyonu destekleme potansiyeline sahip olabileceği öne sürülmektedir. Ancak mevcut kanıtlar henüz güçlü değildir.

Nitrat metabolizması ve NO üretimi hem spor performansını iyileştirme hem de genel kardiyovasküler sağlığını destekleme potansiyeline sahip kritik biyolojik süreçlerdir. NO, vazodilatasyon teşvik ederek kan akışını iyileştirir, kaslara oksijen ve besin maddelerinin daha etkin bir şekilde ulaşmasını sağlar ve metabolik yan ürünlerin uzaklaştırılmasını desteklediği anlaşılmaktadır. Yapılan literatür araştırmasında bu mekanizmalar sayesinde, nitrat açısından zengin besinlerin veya besinsel ergojenik desteklerin tüketilmesi, dayanıklılık ve yüksek yoğunluklu egzersizlerde performans artışına katkı sağladığı anlaşılmaktadır.

Bilimsel araştırmalar, nitrat besinsel ergojenik desteğinin özellikle oksijen tüketimini azaltma, ATP verimliliğini artırma ve yorgunluğu geciktirme gibi etkileri olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, bireysel farklılıklar, antrenman düzeyi, beslenme alışkanlıkları ve nitrat tüketim miktarı gibi faktörler bu etkinin özelliğine işaret etmektedir. Bazı çalışmalar, nitrat besinsel ergojenik desteğinin her sporcu için aynı oranda fayda sağlamayabileceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, nitrat desteğinin etkileri konusunda daha fazla bireyselleştirilmiş yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu bulgular ışığında nitratın mutlak bir “performans artırıcı garantör” olarak değil, özellikle oksijen kullanım verimliliğinin kritik olduğu senaryolarda (örn. dayanıklılık sporları, hipoksik rakım yükseklikleri, yüksek yoğunluklu interval protokolleri) etkili olma potansiyeli taşıdığı görülmektedir. Bununla birlikte, aerobik kapasitesi yüksek elit sporcularda bu etkinin görece daha sınırlı kalabileceği, antrenmansız veya orta düzey katılımcılarda ise etkinin daha belirgin olabileceği rapor edilmiştir.

Dolayısıyla gelecekte yapılacak araştırmalar nitrat dozajının kişiselleştirilmesi, akut ve kronik kullanım protokollerinin ayrı değerlendirilmesi ve cinsiyete özgü fizyolojik yanıt farklılıklarının dikkate alınması gerekmektedir. Ayrıca saha uygulamaları açısından, nitrat besinsel ergojenik desteğinin antrenman türüne, zamanlamasına ve yarışma öncesi protokollere göre optimize edilmesi, performans çıktılarının maksimize edilmesi açısından önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, nitrat metabolizmasının spor performansına katkıları konusunda mevcut bilimsel veriler oldukça umut vericidir. Ancak, bireysel yanıt farklılıkları, farklı spor branşlarındaki sporcu değişkenleri, kronik ve akut vadeli etkileri ve anaerobik performans üzerinde etkisi konularında daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmakta olup, nitrat besinsel ergojenik desteğinin etkileri kişisel bazda değerlendirilmelidir. Sporcular ve fiziksel aktiviteyle ilgilenen bireyler, nitrat tüketimlerini antrenman hedefleri ve bireysel metabolik farklılıklarını göz önünde bulundurarak optimize etmelidir.

Dahil edilen çalışmaların çoğunda plasebo körleme tasarımlarının farklılık göstermesi, NO₃ biyoyararlanımını etkileyen oral mikrobiota farklılıklarının çoğunlukla kontrol edilmemiş olması ve kadın sporcu örneklemelerinde hormonal faz etkilerinin dikkate alınmamış olması genel yorum gücünü sınırlamaktadır.

Son olarak, NO₃⁻ destekli protokoller, ısı stresi, hipoksi veya karar verme hızı gibi merkezi sinir sistemi yükünün baskın olduğu koşullarda yalnızca kas verimliliği değil, bilişsel dayanıklılık ve algılanan efor kontrolü açısından da stratejik avantaj sağlayabilir. Bu nedenle nitrat besinsel ergojenik desteği, sadece fiziksel performans optimizasyonu amacıyla değil, yüksek stresli rekabet ortamlarında zihinsel sürdürülebilirliği destekleyici tamamlayıcı bir yaklaşım olarak da değerlendirilmelidir.

Nitratın biyoyararlanımı büyük ölçüde ağız florasındaki nitrat redükte edici bakterilerin varlığına bağlıdır. Bu nedenle, antibakteriyel gargara kullanımı gibi etkenler nitrat metabolizmasını olumsuz etkileyebilir. Aynı şekilde, genetik farklılıklar, beslenme alışkanlıkları ve fiziksel antrenman düzeyi de nitratın etkilerini şekillendirebilmektedir. Kısa süreli nitrat besinsel ergojenik desteğiyle sağlanan performans artışları belirgin olsa da uzun süreli kullanımının olası sağlık riskleri henüz tam olarak ortaya konmamıştır. Bu nedenle, nitrat besinsel ergojenik desteği kullanımı bireysel ihtiyaçlar ve tıbbi değerlendirmeler doğrultusunda yapılmalıdır.

GELECEK ARAŞTIRMALAR İÇİN METODOLOJİK ÖNERİLER

Nitrat besinsel ergojenik desteğinin egzersiz performansı üzerindeki etkilerine ilişkin mevcut literatür umut verici olmakla birlikte, bulguların heterojenliği gelecekteki çalışmaların daha sistematik ve kontrollü metodolojik tasarımlarla yürütülmesini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda;

➤ Dozaj ve uygulama protokollerinin standardizasyonu büyük önem taşımaktadır. Literatürde nitrat dozunun mg/kg, mmol veya sıvı hacim (mL) üzerinden değişken şekilde raporlanması, çalışmalar arası karşılaştırılabilirliği güçleştirmektedir. Gelecekteki araştırmalarda akut ve kronik protokoller ayrı kategorilerde ele alınarak net doz-süre modelleri oluşturulmalıdır.

➤ Cinsiyete bağlı fizyolojik yanıt farklılıkları, literatürde giderek daha dikkat çekici bir araştırma alanı haline gelmektedir. Özellikle kadın sporcularda hormonal döngüye bağlı vasküler ve metabolik değişkenlik göz önünde bulundurularak, cinsiyet-spesifik deneysel modeller geliştirilmelidir.

➤ Hipoksik ortam ve çevresel stres koşullarında nitrat etkisi, özellikle yüksek irtifa sporcuları için ayrı bir araştırma başlığı olarak ele alınmalıdır. Gelecek çalışmalarda, nitratın yalnızca fiziksel değil aynı zamanda nörokognitif performans üzerindeki potansiyel etkileri değerlendirilmeli ve bu bağlamda multidisipliner hibrit modeller (fizyoloji + bilişsel performans + çevresel stres) önerilmelidir.

➤ Nitratın performans yanıtlarındaki değişkenlik göz önünde bulundurulduğunda, kişiselleştirilmiş beslenme ve bireysel metabolik profillemeye yaklaşımları gelecek çalışmalar için kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Genetik varyasyonlar, oral mikrobiota farklılıkları ve yaşam tarzı unsurları dikkate alınarak biyobelirteç temelli bireyselleştirilmiş ergojenik stratejiler geliştirilmelidir.

Bu doğrultuda, gelecekte yapılacak çalışmaların standartlaştırılmış protokoller, cinsiyet ve bireysel yanıt temelli modellemeler ve fizyolojik-bilişsel entegrasyon odaklı ileri araştırma tasarımları üzerine yoğunlaşması literatürün ilerlemesine önemli katkı sağlayacaktır.

Yazar Katkısı:

1. **Halil UÇAR:** Fikir/Kavram, Veri Toplama ve İşleme, Eleştirel İnceleme
2. **Yusuf BUZDAĞLI:** Denetleme, Analiz ve Yorum, Makale Yazımı. Eleştirel İnceleme
3. **Musa TÜRKMEN:** Tasarım, Veri Toplama ve İşleme

KAYNAKÇA

1. Blau, L. S., Gerber, J., Finkel, A., Lützow, M., Maassen, N., Röhrich, M. A., Hanff, E., Tsikas, D., Shushakov, V., ve Jantz, M. (2023). Effects of short-term sodium nitrate versus sodium chloride supplementation on energy and lipid metabolism during high-intensity intermittent exercise in athletes. *Applied Sciences*, 13(11), 6849. <https://doi.org/10.3390/app13116849>
2. Christensen, P. M., Nyberg, M., ve Bangsbo, J. (2013). Influence of nitrate supplementation on VO2 kinetics and endurance of elite cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine ve Science in Sports*, 23(1), e21–e31. <https://doi.org/10.1111/sms.12005>
3. Clifford, T., Howatson, G., West, D. J., ve Stevenson, E. J. (2015). The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *Nutrients*, 7(4), 2801–2822. <https://doi.org/10.3390/nu7042801>
4. Esen, O., Bailey, S. J., Stashuk, D. W., Howatson, G., ve Goodall, S. (2024). Influence of nitrate supplementation on motor unit activity during recovery following a sustained ischemic contraction in recreationally active young males. *European Journal of Nutrition*, 63(6), 2379–2387. <https://doi.org/10.1007/s00394-024-03440-9>
5. Fenuta, A. M., Drouin, P. J., Kohoko, Z. I. N., Lynn, M. J. T., ve Tschakovsky, M. E. (2024). Influence of acute dietary nitrate supplementation on oxygen delivery/consumption and limit of tolerance during progressive forearm exercise in men: a randomized crossover trial. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 49(5), 635–648. <https://doi.org/10.1139/apnm-2023-0236>
6. Garnacho-Castaño, M. V., Sánchez-Nuño, S., Molina-Raya, L., Carbonell, T., Maté-Muñoz, J. L., Pleguezuelos-Cobo, E., ve Serra-Payá, N. (2022). Circulating nitrate-nitrite reduces oxygen uptake for improving resistance exercise performance after rest time in well-trained CrossFit athletes. *Scientific Reports*, 12(1), 9671. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13786-x>
7. Hennis, P. J., Cumpste, A. F., O'Doherty, A. F., Fernandez, B. O., Gilbert-Kawai, E. T., Mitchell, K., Moyses, H., Cobb, A., Meale, P., ve Pöhl, H. (2022). Dietary nitrate supplementation does not alter exercise efficiency at high altitude—further results from the Xtreme Alps study. *Frontiers in Physiology*, 13, 827235. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.827235>
8. Jones, A. M. (2014). Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sports Medicine*, 44(Suppl 1), 35–45. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0149-y>
9. Jones, A. M., Thompson, C., Wylie, L. J., ve Vanhatalo, A. (2018). Dietary nitrate and physical performance. *Annual Review of Nutrition*, 38(1), 303–328. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-082117-051622>
10. Kelly, J., Vanhatalo, A., Bailey, S. J., Wylie, L. J., Tucker, C., List, S., ... ve Jones, A. M. (2014). Dietary nitrate supplementation: effects on plasma nitrite and pulmonary O2 uptake dynamics during exercise in hypoxia and normoxia. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 307(7), R920–R930. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00068.2014>
11. Larsen, F. J., Weitzberg, E., Lundberg, J. O., ve Eklöf, B. (2010). Dietary nitrate reduces maximal oxygen consumption while maintaining work performance in maximal exercise. *Free Radical Biology and Medicine*, 48(2), 342–347. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2009.11.006>
12. Leal, L. D. dos S., Abreu, W. C. de, Gonçalves, R., Dominguez, R., ve Silva, S. F. da. (2024). Acute nitrate supplementation affects transition points in progressive incremental testing? *MHSalud*, 21(2), 15–31. <https://doi.org/10.15359/mhs.21-2.19264>
13. Lundberg, J. O., ve Govoni, M. (2004). Inorganic nitrate is a possible source for systemic generation of nitric oxide. *Free Radical Biology and Medicine*, 37(3), 395–400. <https://doi.org/10.1038/nrd2466>
14. Lundberg, J. O., Weitzberg, E., ve Gladwin, M. T. (2008). The nitrate–nitrite–nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nature Reviews Drug Discovery*, 7(2), 156–167. <https://doi.org/10.1038/nrd246>
15. Majerczak, J., Drzymala-Celichowska, H., Grandys, M., Kij, A., Kus, K., Celichowski, J., Krysiak, K., Molik, W. A., Szkutnik, Z., ve Zoladz, J. A. (2024). Exercise training decreases nitrite concentration in the heart and locomotory muscles of rats without changing the muscle nitrate content. *Journal of the American Heart Association*, 13(2), e031085. <https://doi.org/10.1161/JAHA.123.031085>
16. Ortiz de Zavallos, J., Hogwood, A. C., Kruse, K., De Guzman, J., Buckley, M., Weltman, A. L., ve Allen, J. D. (2023). Sex differences in the effects of inorganic nitrate supplementation on exercise economy and endurance capacity in healthy young adults. *Journal of Applied Physiology*, 135(5), 1157–1166. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00220.2023>
17. Oue, A., Iimura, Y., Shinagawa, A., Miyakoshi, Y., ve Ota, M. (2022). Effect of acute dietary nitrate supplementation on the venous vascular response to static exercise in healthy young adults. *Nutrients*, 14(21), 4464. <https://doi.org/10.3390/nu14214464>
18. Pavitt, M. J., Lewis, A., Buttery, S. C., Fernandez, B. O., Mikus-Lelinska, M., Banya, W. A. S., Feelisch, M., Polkey, M. I., ve Hopkinson, N. S. (2022). Dietary nitrate supplementation to enhance exercise capacity in hypoxic COPD: EDEN-OX, a double-blind, placebo-controlled, randomised cross-over study. *Thorax*, 77(10), 968–975. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2021-217147>
19. Rowland, S. N., James, L. J., O'Donnell, E., ve Bailey, S. J. (2024). Influence of acute dietary nitrate supplementation timing on nitrate metabolism, central and peripheral blood pressure and exercise tolerance in young men. *European Journal of Applied Physiology*, 124(5), 1381–1396. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05369-z>

20. Sacramento, H. S., Zagatto, A. M., Caperuto, E., dos Santos, R., Acevedo, E. O., ve Campos, E. Z. (2024). Sodium Nitrate Attenuates Session Perceived Exertion During and After High-Intensity Intermittent Exercise. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4824291/v1>
21. Saleh, M. M., Dev, R. D. O., Linoby, A., Norhamazi, I., Ab Razak, R., Sulaiman, N., ve Jaapar, S. (2024). Effects of a Single Dose of Dietary Nitrate via Beetroot Crystals on High Intensity Intermittent Exercise Performance in Recreational Collegiate Athletes. *Fizjoterapia Polska*, 3. <https://doi.org/10.56984/8ZG020AQYL>
22. Sousa, A., Chambion-Diaz, M., Pialoux, V., Carin, R., Viana, J. L., Milheiro, J., Reis, V. M., ve Millet, G. (2025). Dietary nitrate supplementation very slightly mitigates the oxidative stress induced by high-intensity training performed in normobaric hypoxia. *Biology of Sport*, 42(1), 243–251. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2025.139851>
23. Tan, R., Vanhatalo, A., ve Jones, A. M. (2022). Multiple Exercise Transitions Reveal Effects Of Dietary Nitrate On Pulmonary Oxygen Uptake. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(9), 651. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000883196.02417.19>
24. Webb, A. J., Patel, N., Loukogeorgakis, S., Okorie, M., Aboud, Z., Misra, S., Rashid, R., Miall, P., Deanfield, J., ve Benjamin, N. (2008). Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. *Hypertension*, 51(3), 784–790. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.107.103523>
25. Wylie, L. J., Kelly, J., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., Skiba, P. F., Winyard, P. G., Jeukendrup, A. E., Vanhatalo, A., ve Jones, A. M. (2013). Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. *Journal of Applied Physiology*, 115, 325-336. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00372.2013>