



SPORMETRE

The Journal of Physical Education and Sport Sciences
Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi



DOI: 10.33689/spormetre.1266414

Geliş Tarihi (Received): 16.03.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 24.01.2024

Online Yayın Tarihi (Published): 25.03.2024

SPOR BESLENMESİNDE BİR ERGOJENİK DESTEK OLARAK PANCAR SUYU: SİSTEMATİK DERLEME ÇALIŞMASI

Adile Şahin Kömür^{1*}, Ömer Şenel²

¹ Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, ANKARA

² Gazi Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, ANKARA

Öz: Spor beslenmesi alanında ergojenik etki sağlama adına son yıllarda kullanımı artan pancar suyu yüksek nitrat içeriğine sahip olması ile bilinmektedir. İnorganik nitrat alımının doğal bir yolu kabul edilen pancar suyunun yapılan çalışmalarda atletik performansı artırabileceği, toparlanma sürecini iyileştirebileceği ve toplum sağlığını geliştirmeye yönelik faydaları olabileceği vurgulanmaktadır. Buradan hareketle bu sistematik derleme çalışmasında pancar suyunun sporcularda dayanıklılığın yanı sıra kuvvet, anaerobik kapasite ve aynı zamanda toparlanma sürecindeki etkileri incelenmek istenmiştir. PubMed, MEDLINE, ScienceDirect, Web of Science, DergiPark veri tabanlarında Türkçe ve İngilizce olarak “pancar suyu”, “sporcu”, “anaerobik performans”, “dayanıklılık” ve “beetroot juice”, “athlete”, “anaerobic performance”, “endurance” kelimeleri olmak üzere 4 anahtar kelime taranmıştır. Tarama sonuçları 2017-2022 yılları arasındaki çalışmalar olarak sınırlandırılmıştır. Araştırma dizaynı randomize plasebo kontrollü çalışmalar olarak filtrelenmiştir. Yöntem kısmında akut veya uzun süreli, en az 400 mg nitrat müdahalesinin yapıldığı çalışmalar filtrelendiğinde bu sistematik derleme kapsamına “15” araştırma dahil edilmiştir. Sonuçlar sporcunun müsabaka ya da egzersiz sırasındaki atletik performansı geliştirilmesi amacıyla kullanılan pancar suyunun daha çok dayanıklılık egzersizlerinde olumlu etki gösterirken; kuvvet ya da anaerobik egzersizlerin yapıldığı aktivitelerde toparlanma sürecine dayanıklılık türü egzersizlere göre daha iyi bir katkı sağladığını göstermektedir. Dolayısıyla pancar suyunun farklı branşlarda, branşın özelliklerine göre performans artırıcı ya da hızlı toparlanma sağlama amacıyla kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Pancar suyu, sporcu, anaerobik performans, dayanıklılık

BEETROOT JUICE AS AN ERGOGENIC SUPPORT IN SPORTS NUTRITION: A SYSTEMATIC REVIEW

Abstract: Beetroot juice, the use of which has increased in recent years in order to provide an ergogenic effect in the field of sports nutrition, is known for having a high nitrate content. It is emphasized that beetroot juice, which is considered a natural way of ingesting inorganic nitrates, can improve athletic performance, improve the recovery process and have benefits for improving community health in the studies conducted. English and Turkish “pancar suyu”, “sporcu”, “anaerobik performans”, “dayanıklılık” and “beetroot juice”, “athlete”, “anaerobic performance”, “endurance” words were searched for 4 keywords in PubMed, MEDLINE, ScienceDirect, Web of Science, DergiPark databases. The screening results have been limited as studies between 2017-2022. The research design was filtered as randomized placebo-controlled trials. When acute or long-term studies with at least 400 mg nitrate intervention were filtered in the method section, “15” studies were included in the scope of this systematic review. The results show that beetroot juice, which is used to improve the athlete's athletic performance during competitions or exercises, has a positive effect mostly in endurance exercises, while it makes a better contribution to the recovery process in activities where strength or anaerobic exercises are performed than in endurance-type exercises. Therefore, it is thought that beetroot juice can be used in different branches to improve performance or provide rapid recovery according to the characteristics of the branch.

Key Words: Beetroot juice, athlete, anaerobic performance, endurance

* Sorumlu Yazar: Adile Şahin Kömür, Uzman Diyetisyen, E-mail: adilesahinn@gmail.com

GİRİŞ

Yüksek rekabet ortamında dengeli bir diyet; genel sağlığın korunması, antrenman için enerji (yakıt) sağlanması ve toparlanma evresi için oldukça önemlidir. Müsabaka performansını artırmak amacıyla sporcularda ergojenik yardımcıları olarak anılan besin desteklerinin kullanımı da yaygındır (Jones ve ark., 2018; Ormsbee ve ark., 2013). Ergojenik yardımcıları, sporunun egzersiz sırasında verimliliğini artırmasına, egzersizden sonra toparlanmayı hızlandırmasına veya yoğun antrenman sırasında yaralanmasını önlemeye yardımcı destekler olarak adlandırılmaktadır (Kerksick ve ark., 2018). Bu desteklerden biri de nitrattır. Nitrat içeren takviyelerin damar genişletici etki göstererek sporcularda oksijen kullanımını daha ekonomik hale getirerek dayanıklılık süresini uzattığı yönünde oldukça fazla çalışma mevcuttur (Aydın ve ark., 2019)

Nitrat (NO_3^-), vücutta çeşitli fizyolojik mekanizmalarla nitrit (NO_2^-)e ve daha sonra nitrik oksit (NO)'e dönüşmektedir. NO; kan akışı ve basıncı, enerji metabolizması, iskelet kası perfüzyonu, kasılma fonksiyonu, kas mitokondriyal verimliliği, glikoz homeostazı gibi birçok fizyolojik yanıtta önemli bir role sahiptir (Huang ve ark., 2022). Bu fizyolojik değişiklikler, yüksek yoğunluklu (anaerobik) dayanıklılık sporları sırasında aktif olan oksidatif enerji metabolizması üzerinde olumlu bir etki oluşturmada, egzersiz ekonomisi ve kassal dayanıklılığa katkı sağlamaktadır (Domínguez, ve ark., 2017; Huang ve ark., 2022).

Spor beslenmesi alanında ergojenik etki sağlaması adına son yıllarda kullanımı artan pancar suyu (PS) yüksek NO_3^- içeriğine sahip olması ile bilinmektedir. İnorganik NO_3^- alımının doğal bir yolu olarak kabul edilen PS'nin yapılan çalışmalarda atletik performansı artırabileceği ve toparlanma sürecini iyileştirebileceğine yönelik faydaları olabileceği vurgulanmaktadır (Aydın ve ark., 2019; Huang ve ark., 2022). Yine literatür incelendiğinde PS'nin ergojenik etkisinin değerlendirildiği çalışmalar daha çok dayanıklılık türü aktiviteler olarak karşımıza çıkmaktadır (Williams ve ark., 2020). Buradan hareketle bu sistematik derleme çalışmasında PS'nin sporcularda dayanıklılığın yanı sıra kuvvet, anaerobik kapasite ve aynı zamanda toparlanma sürecindeki etkileri incelenmek istenmiştir.

Ergojenik Yardımcılara Kısa Bakış

Ergojenik yardımcıları, egzersiz performansını artırabilen veya egzersiz adaptasyonlarını iyileştirebilen antrenman tekniği, mekanik cihaz, besin uygulaması, farmakolojik yöntem veya psikolojik tekniklerin tümüne verilen isimdir (Kerksick ve ark., 2018). Doğal yetenek ve antrenmanın dışında sportif performansı arttırmak hedefiyle yöntem ve malzemelerin kullanımı ergojenik yardım (destek) olarak adlandırılır (Bayraktar ve Kurtoğlu, 2011). Fizyolojik yardımcıları, psikolojik yardımcıları, mekanik ve biyomekanik yardımcıları, besinsel yardımcıları ve farmakolojik yardımcıları olmak üzere 5 farklı grupta sınıflandırılmaktadır (Bayraktar ve Kurtoğlu, 2011; Kerksick ve ark., 2018).

Besinsel ergojenik yardımcıları

Besinsel ergojenik yardımcıları, diyet destekleri ve ergojenik yardımcıları olmak üzere iki grupta toplanabilirler. Diyet destekleri, diyeti destekleme amaçlı vitamin, mineral, bitki ya da bitkisel öge gibi besinsel maddeler ile ekstrakt ya da metabolitlerden bir veya daha fazlasını içeren ürünler olarak tanımlanmaktadır (Bayraktar ve Kurtoğlu, 2011). Besinsel ergojenik yardımcıları örnek olarak karbonhidratlar, proteinler, aminoasitler, probiyotikler, kreatin, kafein verilmekle birlikte yüksek oranda doğal NO_3^- içermesi ve NO_3^- 'ün performans gelişimi üzerine etkisi sebebiyle PS de bu grupta yer almaktadır (Kerksick ve ark., 2018). Avustralya Spor Enstitüsü (AIS) gibi kurumlar, performans üzerinde etkisi kanıtlanmış besin desteklerini

belirli bir sınıflamaya tabii tutmuştur. Buna göre A kanıt düzeyinde yer alan besin takviyelerinin; β -alanin, sodyum bikarbonat, kafein, kreatin ve PS olduğu belirtilmektedir (Dominguez ve ark., 2022).

PS ve Yapısı

Pancar geniş ve koyu yeşil yapraklı, içeriğinde doğal olarak beta-karoten bulunduran; bağışıklığı destekleyici demir, çinko mineralleri ile C ve E vitaminleri gibi çeşitli besin öğelerini yapısında bulunduran bir bitkidir (Giv ve ark., 2022). PS kas iskelet işlevlerini değiştirebilen biyoyararlanımı yüksek inorganik NO_3^- ve antioksidan bileşenlerin zengin bir kaynağıdır (Williams ve ark., 2020). Bu sayede vücutta NO in öncüsü olarak görev yapabilmektedir (Giv ve ark., 2022; Williams ve ark., 2020).

NO sentezi esas olarak arginin katabolizması yolu ile gerçekleşmektedir. Arginin takviyesi ile NO yapımı artırılabilir gibi inorganik NO_3^- alımı ile de gerçekleştirilebilir. Bu noktada NO_3^- içeriğinden zengin PS kullanımının nitrat-nitrit-nitrik oksit yolağı ile endojen NO miktarlarını artırmada alternatif bir yol olabileceği düşünülmektedir (Dominguez ve ark., 2022, Fernández-Elías ve ark., 2022).

NO_3^- ve NO

Diyet yolu ile alınan NO_3^- 'ün yaklaşık %25'i ağızda mikroorganizmalar tarafından NO_2^- 'ya; NO_2^- de mide asitlerinin etkisiyle NO'ya dönüştürülür (Dominguez ve ark., 2022). NO organizmada hemodinamik ve metabolik olaylar dahil olmak üzere pek çok fizyolojik etkiye sahiptir. İskelet kasındaki kan akışını artırma, tip II (hızlı kasılan) kas liflerinde kasılma kuvvetini iyileştirme, kan damarlarını genişleterek aktif kaslara daha fazla oksijen (aynı zamanda kan) geçişini artırma, glikoz ve kalsiyum homeostazını sağlama, solunum ve mitokondrial biyogenezi düzenleme gibi görevleri olan NO güçlü bir vazodilatördür (Dominguez ve ark., 2022; Fernández-Elías ve ark., 2022; Giv ve ark., 2022).

NO_3^- ten zengin besinlerin olası ergojenik etkisi egzersiz sırasında daha düşük O_2 kullanımı, artmış kas deoksihemoglobini ve ek olarak fosfokreatinin resentezini hızlandırma gibi etkilerine atfedilmektedir (Antonietto ve ark., 2021). Bu sebeplerden dolayı literatürde incelenen çalışmalar NO'nun çoğunlukla, baskın olarak oksidatif eylemlerin gerçekleştirildiği aktivitelerde performans artırıcı özellikleri olduğunu öne sürmektedir (Dominguez ve ark., 2022; Williams ve ark., 2020). Buradan yola çıkılarak dayanıklılık egzersizleri sırasında performansı sınırlayıcı faktörlerin giderilmesi noktasında artan NO değerlerinin iyileştirici etkileri olabileceği söylenebilir. Ancak çalışmalarda olası performans iyileştirici etkisinin gözlemlenmesi için en az 5 mmol NO_3^- alımının sağlanması gerektiği önerilmektedir (sağlıklı bir diyet günlük ortalama 1-2 mmol NO_3^- alımı sağlanmaktadır) (Fernández-Elías ve ark., 2022).

PS'nin Atletik Performansa Etkisi

Yapılan çalışmalarda PS'nin atletik performansı artırabileceği ve toparlanma sürecini iyileştirebileceği öne sürülmektedir (Aydın ve ark., 2019). Buradan hareketle bu çalışmada PS'nin sporcularda anaerobik kapasite ile motorik özelliklerden kuvvet ve dayanıklılık üzerindeki, aynı zamanda toparlanma sürecindeki etkileri incelenmek istenmiştir.

YÖNTEM

Çalışmaya PS'nin sporcularda anaerobik kapasite, dayanıklılık ve kuvvet özellikleri ile toparlanma sürecindeki etkilerini inceleyen çalışmalar dahil edilmiştir. PubMed, MEDLINE, ScienceDirect, Web of Science, DergiPark, veri tabanlarında Türkçe ve İngilizce olarak “pancar suyu”, “sporcu”, “anaerobik performans”, “dayanıklılık” ve “beetroot juice”, “athlete”, “anaerobic performance”, “endurance”, kelimeleri olmak üzere 4 anahtar kelime taranmıştır. Tarama sonucunda 90,589 makaleye ulaşılmıştır. Makaleler 2017-2022 yılları arasında sınırlandırılarak 56,172 çalışmaya indirgenmiştir. Çalışmaya yalnızca araştırma makaleleri dahil edilmek istenmiş, makaleler filtrelendiğinde 48,255 çalışmaya ulaşılmıştır. Çalışmalar araştırma konusu ile ilgili olma durumları göz önünde bulundurularak spor bilimleri alanında yapılan çalışmalarla sınırlandırılmış (spor bilimleri dergileri ve araştırma alanı olarak sports science filtreleri seçilmiş) ve 2376 araştırmaya ulaşılmıştır. Araştırma dizaynının randomize plasebo kontrollü çalışmalar olması kriteri belirlenip yöntem kısmında akut veya uzun süreli, en az 400 mg NO₃⁻ müdahalesinin yapıldığı çalışmalar filtrelendiğinde bu sistematik derleme kapsamına “15” araştırma dahil edilmiştir.

BULGULAR

Sporcularda PS'nin dayanıklılık (kardiyovasküler) performansı üzerine etkisi

PS'nin olası ergojenik etkileri yaygın olarak oksidatif düzeyde gözleendiği için çalışmalarda dayanıklılık performansı üzerine incelemeler ön plana çıkmaktadır. Çalışmalar incelendiğinde PS'nin dayanıklılık (kardiyovasküler) performansı üzerinde maksimum oksijen alımı (VO_{2max}) değerleri aracılığı ile olumlu etkileri olduğu söylenebilir. NO₃⁻ kandaki hemoglobulini, methemoglobin (hemiglobin)'e dönüştürür. Methemoglobin dokulara O₂ taşıyamaz. Bu dönüşüm dokulara yeterli O₂'nin taşınması ve kullanımı açısından oldukça önemlidir (Ertürk, 2020). Nitekim bu çalışma kapsamında incelenen araştırmalara bakıldığında Castro ve ark. (2019) tarafından yürütülen çalışmada PS'nin VO_{2max}, vVO_{2max} ve artırımlı koşu bandı testini tamamlama süresi değerlerinde artış sağladığı; HR, glikoz konsantrasyonu ve RPE_{max} değerlerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı saptanmıştır (Castro ve ark., 2019). Farklı dozlardaki PS'nin dayanıklılık (kardiyovasküler) performansı üzerindeki etkisini incelemek üzere iyi antrene erkek koşucuların dahil edildiği bir diğer çalışmada ise 2000 m kürek ergometresi ve kan testleri yapılan sporcularda çift doz PS alımının tek doz PS alımı ve plasebo içeceğine göre dayanıklılık (kardiyovasküler) performansı üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu ortaya konmuştur (Hoon ve ark., 2014). Bu sonuçların güçlü bir vazodilatör olan NO'nun kan akışını artırarak iskelet kasındaki dolaşımı hızlandırma ve aktif kaslardaki oksijenlenmeyi artırma gibi fizyolojik rolleri sayesinde elde edildiği düşünülebilir. Aynı zamanda düşük oksijen kullanımıyla egzersiz ekonomisini güçlendirme, solunum ve mitokondrial biyogenezi iyileştirme gibi etkileriyle yorgunluğu geciktirerek kardiyovasküler dayanıklılığa katkı sağladığı söylenebilir (Cocksedge ve ark., 2020; Dominguez ve ark., 2022; Fernández-Eliás ve ark., 2022).

Tablo 1. Sporcularda PS'nin dayanıklılık performansı üzerine etkisi

| Yazar, Yıl | Araştırma Dizaynı | Örneklem | Doz | Test | Sonuç |
|-----------------------------|---|-------------------------------------|--|--|---|
| Castro ve ark., 2019 | Randomize çift kör çapraz geçişli plasebo kontrol | Rekreasyonel erkek koşucu (n=13) | PSG: 420 ml PS (8.4 mmol NO ₃ ⁻) PLA: 420 ml PL (0,01 mmol NO ₃ ⁻) (Testten 3 gün önce takviye verilmeye başlanmış ve son doz testten 2 saat önce uygulanmıştır) | Gaz analizörü kullanılarak artırılmış koşu bandı testi uygulanmıştır (VO _{2max} , vVO _{2max} ve V _{pik}) Laktat Glikoz konsantrasyonu Kalp hızı (HR) Algılanan efor testi (RPE _{max}) Ortalama hız (MV) (10 km koşu) -Faz1:400 m (başlangıç) -Faz2:400m-9600m (orta) -Faz3:400 m (son) | PSG'de VO _{2max} , vVO _{2max} ve V _{pik} değerleriyle artırılmış koşu bandı testini tamamlama süresinde PLA'ya göre anlamlı düzeyde bir artış görülmüştür. Benzer şekilde gruplar arasında MV tüm fazlar bakımından PSG'de daha iyi düzeyde bulunmuş ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bildirilmiştir. Koşu performansı ilk ve son 5 km dikkate alınarak değerlendirildiğinde hem MV hem de ilk yarıyı bitirme süresi PSG'de daha iyi düzeyde bulunmuştur. 13 katılımcının 10'u toplam koşu süresini PLA'ya göre daha kısa sürede tamamlamıştır. Gruplar arasında HR _{max} , glikoz konsantrasyonu (GLU _{pre} ve GLU _{post}), RPE _{max} ve laktat değerlerinde anlamlı fark görülememiştir |
| Burke ve ark., 2021 | Randomize çift kör çapraz geçişli plasebo kontrol | Elit erkek yürüyüş yarışçısı (n=21) | PSG: 70 ml PS (6.45 mmol NO ₃ ⁻) PLA: 70 ml PL Yarıştan 2 gün önce NO ₃ ⁻ yüklemesine başlanmıştır. Yarış günü kahvaltıda 140 ml PS/PL ve yarış esnasında da PS alımı sağlanmıştır. | 26 km lik yarış esnasında: 0-1, 6-7, 12-13, 18-19 ve 24-26 km'lik hibrit lab saha testi Ön test son test Kan Laktat, Nitrit, Nitrat VO ₂ , vVO ₂ , RER, HR, | Hem yarış öncesi hem de yarış sırasında (7.km) PS alımının etkisiyle kan açıklık nitrat değerleri PSG'de daha yüksek düzeyde seyretmiştir. Bu düzeyler yarışın kalanı için korunması gereken nitrat düzeyleri bakımından olumlu olarak görülse de gruplar arasında oksijen alımı, RER değeri, HR ve laktat düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. PLA'da yarış öncesi ve sırasında kan nitrat değerleri arasında anlamlı bir farklılık belirlenememiştir. |
| Giv ve ark., 2022 | Deneysel çalışma | Erkek futbolcu (n=40) | EG (n=10): PL + Egzersiz protokolü PS/EG (n=10): 100 ml PS (300 mg NO ₃ ⁻) + Egzersiz protokolü PSG (n=10): 100 ml PS (300 mg NO ₃ ⁻) + günlük aktivite CG (n=10): PL + Günlük aktivite (Egzersiz Protokolü: 3 kez/hafta/8 hafta PS: egzersizden 2 saat önce tüketilmiştir) | Ön Test- Son Test VO _{2max} (Bruce testi), anaerobik eşik, RER (gaz analizörü), pik-ortalama-minimum güç, Wingate bisiklet testi ile yorgunluk indeksi ve saha performans testi | Son testte; VO _{2max} değeri ve saha performansı CG'ye göre diğer 3 grupta da anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Bu gruplar kendi arasında değerlendirildiğinde VO _{2max} değerinin PS/EG'de; PSG ve EG'ye göre anlamlı derecede daha iyi bir artış gösterdiği saptanırken EG ve PSG arasında farklılık gözlenememiştir. Saha performansındaki artış ile anaerobik eşik değerleri PS/EG'de; EG ve PSG'ye göre; EG'de ise PSG'ye göre anlamlı derecede daha iyi düzeyde bulunmuştur. RER değeri PS/EG'de diğer üç gruba göre; EG'de ise CG ve PS'ye göre anlamlı düzeyde iyi bulunmuştur. |

Tablo 1 (devamı). Sporcularda PS'nin dayanıklılık performansı üzerine etkisi

| | | | | | |
|----------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---|
| Huang ve ark., 2022 | Randomize kontrollü çalışma | Triatletler (E, n=44; K, n=36) | PSG: 70 ml PS (6.5 mmol NO ₃ ⁻) PL: 70 ml PL(0.065 mmol NO ₃ ⁻) (7 ardışık gün süresince 3 kez/gün öğünler ile birlikte tüketilmiştir) | Ön Test – Son Test Başlangıç (ön test): VO _{2max} , pik kalp hızı, pik güç (PPO) Koşu ekonomisi: Artırılmış koşu bandında koşu testi (%60=V ₁ , %70=V ₂ ve %80=V ₃ VO _{2pik}), Bisiklet ergometresi: Pik güç (%85 PPO) Pik oksijen kullanımı (VO _{2pik}), pik kalp hızı (HR _{max}), koşu süresi Egzersiz öncesi: dinlenme kalp hızı, dinlenme kan laktat testi ve hemoglobin (1 günlük dinlenme sonrası) 10 km – kayaklı koşu | V₃ koşu seviyesinde; VO _{2pik} , RER değeri ve kan laktat seviyesi PSG'de PL'ye göre anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur. HR tüm koşu seviyelerinde her iki cinsiyet için de PSG'de PL'ye göre daha düşük bulunmuş ancak bu sonuç istatistiksel olarak anlamlı değildir. Her iki grup arasında kayaklı koşu performansı arasında anlamlı düzeyde bir farklılık bulunmamıştır. |
| Antonie tto ve ark., 2021 | Randomize çift kör çapraz geçişli plasebo | Erkek Taekwondocu (n=12) | PG: 1 g pancar ekstraktı kapsülü: PL: 1 g dekstroz kapsülü | Dinlenme laktat ve kan basıncı, testten hemen sonra laktat (3 dk. sonra) ve kan basıncı (5 dk. sonra), Artırılmış koşu bandı testi, Taekwondo branşına özgü testler (vuruşlar), Anaerobik eşik testi (AT) | VO _{2pik} (L/dk.) değeri ve anaerobik eşik (L/dk.) değerleri PG'de PL'ye göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. |

E: Erkek, K: Kadın, PS: Pancar suyu, PL: Plasebo içecek, PSG: Pancar suyu grubu, PLA: Plasebo grubu, EG: Egzersiz grubu, PS/EG: Pancar suyu ve egzersiz grubu, CG:Kontrol grubu, GLU_{pre}: Kan glikoz, onsantasyonu (ön test), GLU_{post}: Kan glikoz konsantrasyonu (son test), HR: Kalp atım hızı, HR_{max}: Maksimal kalp atım hızı, VO₂: oksijen tüketimi, VO_{2max}: Maksimal oksijen tüketimi, vVO_{2max}:Maksimal oksijen tüketimi, V_{pik}: Pik hız, V₁: Pik oksijen tüketimin %60'ına gelen hız, V₂: Pik oksijen tüketimin %70'ine gelen hız, V₃: Pik oksijen tüketimin %80'ine gelen hız, PPO: pik güç çıkışı, RPE: Algılanan efor testi, RPE: Maksimal algılanan efor, RER: Solunum değişim oranı, MV: Ortalama hız, NO₃⁻: Nitrat, ml: Mililitre, m: Metre, km: Kilometre, dk.: Dakika

Tablo 2. Sporcularda PS'nin kuvvet performansı üzerine etkisi

| Yazar, Yıl | Araştırma Dizaynı | Örneklem Yaş /Kişi Sayısı | Doz | Test | Sonuç |
|--------------------------------------|---|--|---|--|---|
| Serra-Paya ve ark., 2021 | Randomize çift kör çapraz geçişli plasebo kontrol | İyi antrene erkek sporcu (n=11) | PSG: 140 ml PS (12.8 mmol, 808 mg NO ₃ ⁻) PLA: 140 ml PL (Testten 3 saat önce) | 1RM tam squat testi, Laktat, Pulmoner gaz değişimi, Kalp hızı (Testler 2 farklı egzersiz rutini için uygulanmıştır: Rutin 1 (R1): 90 sn DTA + 3 dk. dinlenme + 60 sn PS Rutin 2 (R2): 90 sn DTA + 60 sn TS DTA: duvar topu atışı | *PSG'de PLA'ya göre: Toplam tekrar sayısı, kaldırılan toplam ağırlık miktarı ve R1'de kaldırılan ağırlık miktarı ile ventilasyon verimliliğinde anlamlı derecede yükseklik bulunmuştur. *Her iki grupta da R1 ve R2 arasında kaldırılan toplam ağırlık ve tekrar sayısı bakımından anlamlı farklılık görülememiştir |
| Ranchal-Sanchez ve ark., 2020 | Randomize çift kör çapraz geçişli plasebo kontrol | Fiziksel aktif erkek (n=12) | PSG: 6.4 mmol.L-1 ya da 400 mg NO ₃ ⁻ PLA; frenk üzümü suyu (Testten 2 saat önce) | 1RM back squat ve bench press Laktat, algılanan efor, plazma NO ₃ ⁻ ve NO ₂ ⁻ pulmoner gaz değişimi (<i>Testler 2 farklı koşulda uygulanmıştır:</i> *1.Koşul:90 sn DTA + 3 dk. dinlenme + 60 sn TS (tam squat) *2.Koşul:90 sn DTA + 60 sn TS) 1RM bench press | 1.Koşulda: TS egzersizlerinde PSG'de PLA'ya göre anlamlı düzeyde daha fazla ağırlık kaldırımı gerçekleşmiştir. 2. Koşulda: Her 2 egzersiz için de kaldırılan toplam ağırlık miktarı bakımından gruplar arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Maksimum hız, maksimum güç, algılanan efor ve laktat testlerinde iki grupta da anlamlı değişiklikler bulunamamıştır. |
| Williams ve ark., 2020 | Randomize çift kör çapraz geçişli | Direnç antrenmanlı erkek sporcu (n=11) | PSG: 70 ml PS (400 mg NO ₃ ⁻) PL; 70 ml siyah frenk üzümü suyu (Testten 2 saat önce) | 3 set x tükenene kadar tekrar %70 1RM | Ortalama hız, güç ve toplam tekrar sayısı değerleri PSG'de PL'ye göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Setler birbiri arasında değerlendirildiğinde her iki grupta da 1.setteki tekrar sayısı 3. setteki tekrar sayısına göre anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. |
| Fernandez-Elias ve ark., 2020 | Randomize çift kör çapraz geçişli plasebo kontrol | Profesyonel erkek tenisçi(n=11) | PSG: 70 ml PS (6.4 mmol NO ₃ ⁻) PL: 70 ml PL (0.005 mmol NO ₃ ⁻) (Testten 3 saat önce) | Ön test son test :İzometrik handgrip kuvvet testi Servis hız 3 setlik tenis maçı (GPS ile izlenmiştir) Algılanan efor testi (RPE) (maçtan 30 dk. sonra) | Servis hızı ve el kavrama kuvveti üzerinde müdahalenin, sürenin veya müdahale x süre etkileşiminin ana etkisinin olmadığı görülmüştür. Aynı zamanda maç sonrası RPE ile maç süresi her iki grupta da benzer bulunmuştur. |

PS: Pancar suyu, PL: Plasebo içecek, PSG: Pancar suyu grubu, PLA: Plasebo grubu, 1RM: 1 tekrar maksimum, R1: Rutin 1, R2: Rutin 2, DTA: Duvar topu atışı, TS: tam squat, Sn: Saniye, dk.: Dakika mg: Miligram, NO₃⁻: Nitrat, NO₂⁻: Nitrit, RPE: Algılanan efor testi, GPS: Lokal konumlandırma sistemleri

Tablo 3. Sporcularda PS'nin anaerobik kapasite üzerine etkisi

| Yazar, Yıl | Araştırma Dizaynı | Örneklem | Doz | Test | Sonuç |
|--------------------------------|--|--|---|--|---|
| Jodra ve ark., 2020 | Randomize çift kör çapraz geçişli plasebo kontrol | Direnç antrenmanlı erkek sporcu (n=15) | Testten 3 saat önce PSG: 70 ml PS (6,4 mmol NO ₃ ⁻) PLA: 70 ml PL (0.04 mmol NO ₃ ⁻) | Wingate anaerobik güç POMS (ruh hali değerlendirme testi) RPE | PSG'de Wpik ve POMS değerleri PLA'ya göre daha yüksek bulunurken, RPE'nin daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. |
| Reynolds ve ark., 2020 | Randomize çift kör çapraz geçişli plasebo kontrol | Erkek takım oyunu sporcusu (n=16) | Testten 3 saat önce PSG: 70 ml PS (6 mmol NO ₃ ⁻) PLA: 70 ml PL (0.0034 mmol NO ₃ ⁻) | 40 m shuttle run HR Kan laktat testi Plazma NO ₃ ⁻ düzeyleri | PSG'de plazma NO ₃ ⁻ düzeylerinin testten 15 dk. önce alınan plazma NO ₃ ⁻ miktarlarına göre 6 kat arttığı belirlenmiştir. Ancak artışa rağmen sprint süresi, HR ve laktat düzeylerinde iki grup arasında anlamlı farklılık görülmemiştir. |
| Nyakayiru ve ark., 2017 | Randomize çift kör çapraz geçişli plasebo kontrol | Erkek futbolcu (n=32) | 6 gün süresince PSG: 2x 70 ml PS (12.9 mmol ya da 800 mg NO ₃ ⁻) PLA: 2x70 ml PL | Yo-Yo IR1 Kan ve tükürük plazma testleri HR RPE | Her iki plazmada da nitrat miktarı PSG'de daha yüksek bulunmuştur. Yüksek yoğunluklu aralıklı koşu performansının değerlendirildiği Yo-Yo IR1 testinde performans PSG'de anlamlı derecede daha iyi düzeyde çıkmıştır. Test esnasında pik HR gruplar arasında farklılık göstermese de ortalama HR PSG'de daha düşük olarak saptanmıştır. RPE iki grupta da benzer bulunmuştur. |
| Conger ve ark., 2021 | Randomize çift kör eşit dağılımlı plasebo kontrollü çapraz geçişli çalışma | Erkek hokey sporcuları (n=14) | Testten 3 saat önce PSG: 237 ml su + PS toz karışımı (8 mmol = 496 mg NO ₃ ⁻) PL: PS ile eşit hacimde elma, vişne ve yaban mersini karışımı (0,98 mg NO ₃ ⁻) | 30 sn Wingate bisiklet ergometresi (PS30 ve PL30) 60 sn Wingate bisiklet ergometresi (PS60 ve PL 60) BODPOD vücut kompozisyon ölçümü Tükürük NO ₃ ⁻ testi | Her iki koşulda da PSG'de nitrat düzeylerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. PS30 ve PL30 ile PS60 ve PL60 wingate performans testleri arasında gruplar içinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir. 30sn ve 60sn wingate performans testleri kıyaslandığında ise yorgunluk indeksi PS30 ve PL30 gruplarında PS60 ve PL60'a göre anlamlı düzeyde düşük olduğu gözlenmiştir. |

PS: Pancar suyu, PL: Plasebo içecek, PSG: Pancar suyu grubu, PLA: Plasebo grubu, PS30: 30 sn Wingate bisiklet ergometrisi ve Pancar suyu grubu, PS60: 60 sn Wingate bisiklet ergometrisi ve Pancar suyu grubu, PL30: 30 sn Wingate bisiklet ergometrisi ve Plasebo grubu, PL60 60 sn Wingate bisiklet ergometrisi ve Plasebo grubu, POMS: Ruh hali değerlendirme testi, RPE: Algılanan efor testi, Wpik: Pik güç, HR: Kalp atım hızı, Yo-Yo IR1: Yo-Yo Aralıklı toparlanma testi, mg: Miligram, ml: Mililitre, m: Metre, km: Kilometre, dk.: Dakika sn: Saniye NO₃⁻: Nitrat

Tablo 4. Sporcularda PS'nin toparlanma süreci üzerine etkisi

| Yazar, Yıl | Araştırma Dizayını | Örneklem | Doz | Testler | Sonuç |
|------------------------------|---|--|---|--|---|
| Stander ve ark., 2021 | Randomize çift kör plasebo kontrol çalışması | Koşucu (n=31) | Maraton öncesi (P0), sonrası (P1), 24sa (P2) 48 sa (P3) PSG: 250 ml PS Maraton günü: 3x 250 ml PS (P0, maraton.sonu, akşam) 24sa: 3x250 ml PS (sabah, öğle, akşam) 48sa: 1x250 ml PS (maraton sonrası) PLA: Aynı prosedür (PL), PLA: 2x70 ml PL | <u>Testler: Kan testi</u> | Maraton sonrası 48 sa içinde PS alımının metabolik iyileşme sürecini hızlandırmadığı tespit edilmiştir. Akut metabolik iyileşme üzerinde avantajı olmadığı belirtilmiştir. |
| Daab ve ark., 2020 | Randomize çift kör çapraz geçişli plasebo kontrol çalışması | Yarı-profesyonel erkek futbolcu (n=13) | 7 gün süresince (egzersizden 3 gün önce, egzersiz günü, egzersizden 3 gün sonra) PSG: 2x250 ml PS (250 mg NO ₃ ⁻) PLA: 2x 150 ml PL | Futbol maçı simülasyonu CMJ, DS, MVC 20 m sprint Kan testi (oksidatif stres belirteçleri) DOMS | -DS' de anlamlı değişiklik yok -PLA'da CMJ 0 sa ve 48 sa sonra azalırken 72 sa'da başlangıç düzeyine dönmüştür -PSG'de CMJ yalnızca 24 sa düşmüştür; 24, 48 ve 72 sa'da - PLA'ya göre daha yüksektir. MVC her saat için PSG'de daha yüksek bulunmuştur. -SP her iki grupta da azalmış ancak 48 sa'da PLA'da PSG'ye göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur. - Oksidatif stres belirteçleri üzerinde anlamlı değişiklik gözlenmemiştir. |

PS: Pancar suyu, PL: Plasebo içecek, PSG: Pancar suyu grubu, PLA: Plasebo grubu, sa: saat, mg: Miligram, CMJ: yaylanarak sıçrama, DS: dikey sıçrama, MVC: maksimal istemli izometrik kasılma, DOMS: algılanan kas yorgunluğu, SP: 20 sn sprint NO₃⁻: Nitrat

Tablo 1’de olduğu gibi uzun egzersiz süresi sağlayan maraton koşuları/yürüyüşleri, triatlon vb. çoklu sporlar veya takım sporlarında sporcuların yarışı/müsabakayı tamamlamak için gereksinim duyduğu NO_3^- miktarı önemlidir. Çalışmalarda ortak olarak gözlenen PS alımıyla birlikte yarış süresince meydana gelen kanda NO_3^- miktarının artışı sporcuların hem kardiyovasküler dayanıklılık hem de kassal dayanıklılık (tip II, hızlı kasılan, kas liflerinde kasılma kuvvetini iyileştirme aracılığıyla) performansını iyileştirilmesine katkı sağladığı söylenebilir. Aynı zamanda yarış süresince kan NO_3^- değerlerinin korunmasına yardımcı olmaktadır (Dominguez ve ark. 2022). Castro ve ark. (2019) ile Burke ve arkadaşlarının (2021) çalışmalarından yola çıkarak uzun mesafe sporlarında 7.km’nin kritik bir role sahip olduğu ve bu mesafede mevcut NO_3^- düzeyinin yarışın kalanı için önemli bir parametre olabileceği söylenebilir (Burke ve ark., 2021; Castro ve ark., 2019). Nitekim mevcut çalışmalarda müdahale gruplarına verilen PS ile kritik mesafelerdeki performans değerleri daha iyi düzeye çıkarılmıştır.

Sporcularda PS’nin kuvvet performansı üzerine etkisi

Sporcular üzerinde yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde PS’nin kuvvet performansı üzerine hem akut hem de uzun süreli etkilerini değerlendiren çalışmaları görmek mümkün. Kuvvet performansını iyileştirici etkileri NO ’nun ATP sentezini hızlandırma ve laktat klirensini artırma rollerine atfedilebilir (Ertürk, 2020). Yapılan bir çalışmada NO_3^- alımının tükenene kadar yapılan bench press direnç egzersizleri sırasında toplam ve her bir setteki tekrar sayısında anlamlı artış sağladığı ancak laktat yanıtı ve algılanan efor değerlerinde anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür (Mosher ve ark., 2016). PS’nin kuvvet performansı üzerindeki akut etkisinin gözlemlendiği bir diğer çalışmada akut PS alımının solunum ve direnç egzersizi performansı arasındaki fizyolojik ilişkisi incelenmiştir. Sonuçta PS tüketimiyle birlikte kaldırılan toplam ağırlık ve ventilasyon verimliliğinde anlamlı ölçüde artışlar olduğu gözlenmiştir (Serra-Paya ve ark., 2021). Bu etkilerin altında yatan fizyolojik mekanizma NO ’nun kasılmalar sırasında mikrosirkülasyonda O_2 ’nin akış basıncını yükselterek fosfokreatin (PCr) yıkımını azaltması, dolayısıyla artan veya uzayan yüklenmelere karşı tolerasyonu geliştirmesiyle açıklanabilir (Tatlıcı, 2017).

Akut PS alımının direnç egzersizi sırasında konsantrik hareket hızı ve kas dayanıklılığı üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir diğer çalışmada PS’nin 1 RM back squat, bench press, laktat ve algılanan efor testi üzerine etkileri incelendiğinde PS tüketen grupta toplam tekrar ve bench squat tekrar sayılarında önemli ölçüde artış olduğu; maksimum hız, maksimum güç, algılanan efor ve laktat testlerinde 2 grupta da anlamlı bir değişikliğin olmadığı ortaya çıkmıştır (Ranchal-Sanchez ve ark., 2020). Profesyonel erkek tenisçilerin maç esnasındaki kuvvet performansının değerlendirildiği bir çalışmada ise katılımcılara diğer çalışmalar ile benzer protokoller uygulanarak 70 ml PS ve PL verilerek müdahale yapılmıştır. Sonuçta servis hızı ve el kavrama kuvveti üzerinde PS alımı müdahalesinin veya sürenin ya da müdahale x süre etkileşiminin ana etkisinin olmadığı görülmüştür. Aynı zamanda maç sonrası RPE ve maç süresi her iki grupta da benzer bulunmuştur. (Fernandez-Elias ve ark., 2020). Literatür çalışmaları NO_3^- ’ün fizyolojik etkilerini gösterebilmesi için minimum 6.5 mmol dozunda alınması gerektiğini vurgulamaktadır (Çetinkaya, 2019). Çalışmamıza dahil edilen araştırma sonuçlarından yola çıkılarak herhangi bir etkinin görülebilmesi için minimum alım dozunun üzerinde bir alım gerçekleştirilmesi gerektiği söylenebilir.

Sporcularda PS’nin anaerobik kapasite üzerine etkisi

PS’nin anaerobik kapasite üzerine etkisini inceleyen çalışmalar Tablo 3’te görüldüğü üzere akut veya uzun süreli olmak üzere farklı koşullarda yürütülmüştür. Jodra ve ark. (2019) tarafından yürütülen çalışmada akut NO_3^- alımının ruh hali (POMS), RPE ve 30 sn Wingate

anaerobik güç testi performansı üzerindeki etkileri incelendiğinde PS tüketen grupta Wpik ve POMS değerleri anlamlı düzeyde daha yüksek bulunurken, RPE daha düşük düzeyde çıkmıştır (Jodra ve ark., 2019). Takım sporcularında akut PS alımının kısa süreli 40 m mekik koşusu testi performansı üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada PS alan grupta kan NO_3^- miktarının 6 kat artmasına rağmen PLA'ya göre sprint süresi, HR ve laktat miktarları arasında anlamlı bir farklılık görülmediği tespit edilmiştir (Reynolds ve ark., 2020). Çalışmalar incelendiğinde PS alımının plazma NO_3^- miktarını artırmak aracılığı ile atletik performansı geliştirebileceği söylenebilir. PS'nin anaerobik kapasite üzerine doğrudan olumlu etkisini söylemek için çalışmaların kısıtlı olduğu görülmektedir. Aynı prosedür ile gerçekleştirilen 2 çalışmadan Jodra ve ark. (2020) anaerobik güçte gelişim görürken Reynolds ve ark. (2020) yalnızca NO_3^- miktarları üzerinde olumlu bir etki gözlemlenmiştir (Jodra ve ark., 2020; Reynolds ve ark., 2020). Bu farklılığın nedeni iki çalışmanın uyguladığı popülasyon özelliklerinden (spor branşı farklılığı) (sırasıyla; direnç antrenmanı antrene sporcular ve takım sporcuları) kaynaklanabilir. Buradan yola çıkılarak ve Nyakayiru ve ark. (2017) çalışması göz önünde bulundurulduğunda takım sporlarında PS'nin anaerobik güç üzerine olası pozitif etkisini gösterebilmesi için kronik (uzun süreli) ya da yüksek dozda uygulanmasının daha faydalı olabileceği söylenebilir.

Sporcularda PS'nin toparlanma üzerine etkisi

Sporcuların atletik performans bileşenlerinden bir diğeri şüphesiz toparlanma sürecinin verimli geçirilmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmalardan yola çıkarak PS'nin performans sonrası toparlanma sürecindeki etkileri incelendiğinde kuvvet türü aktiviteler sonrası daha hızlı toparlanma sağladığı ancak uzun süreli dayanıklılık egzersizleri sonrası akut metabolik iyileşmeyi hızlandıracak bir etkisi olmadığı söylenebilir. Nitekim maraton öncesi ve 48 sa sonrası metabolitleri üzerinde PS etkisinin incelendiği bir çalışmada maraton sonrası 48 sa içinde farklı saatlerde alınan ölçümler sonucu PS alımının metabolik iyileştirme sürecini hızlandırmadığı, akut metabolik iyileşme sürecinde bir avantajı olmadığı gözlenmiştir (Stander ve ark., 2021). Antioksidan ve antiinflatuar zengini PS'nin eksantrik egzersizler sonrasında iskelet kası hasarına etkilerini incelemek isteyen araştırmacılar yüksek düzey (Y-PSG), düşük düzey (D-PSG) PS ve plasebo (PLA) içeceklerinin sporcularda toparlanma sürecine etkilerini değerlendirmiştir. Sonuçta CMJ 48 ve 72 sa sonra Y-PSG'de PLA'ya göre daha hızlı bir iyileşme görülürken; PPT PLA'da her iki deney grubuna göre daha düşük seyretmiştir. Ancak Oksidatif stres belirteçleri üzerinde anlamlı değişiklik gözlenmemiştir (Clifford ve ark., 2015). NO-'nun toparlanmadaki fizyolojik rolü kasların oksijenlenmesine, laktik asidin uzaklaştırılmasına yardımcı olmasının yanı sıra egzersiz sırasında dokulara glikoz, lipit ve diğer besin öğelerinin taşınmasında da görev almasıyla açıklanmaktadır. Bu özelliği ile egzersiz sonrası dinlenme sırasında da yorgunluğun giderilmesine katkı sağlamaktadır akışımı geliştirebilmektedir (Çetinkaya, 2019; Ferreira ve Behnke, 2011). Çalışmamıza dahil edilen araştırmalarda PS'nin kuvvet egzersizleri sonrası daha iyi bir toparlanma sağlaması laktik asidin uzaklaştırılmasındaki rolleriyle açıklanabilir.

SONUÇ

PS'nin kuvvet, dayanıklılık, anaerobik kapasite ve toparlanma süreci üzerine ergojenik etkisinin incelendiği bu sistematik derleme çalışmasına 15 araştırma dahil edilmiştir. Çalışmaların sonucundan yola çıkılarak;

- PS'nin dayanıklılık egzersizlerinde egzersiz ekonomisine katkı sağladığı, egzersiz süresinin uzatılmasında etkili olabileceği, devam eden aktivite sırasında daha yüksek NO düzeylerini yakalamaya yardımcı olabileceği görülmektedir.

- Kuvvet egzersizleri yapılırken toplam tekrar sayısı ve kaldırılan ağırlık miktarlarına katkı sağlayarak antrenman hacminin artırılmasına yardımcı olabileceği söylenebilir.
- Patlayıcı güç gibi anaerobik kapasitenin etkili olduğu egzersiz türlerinde olumlu etkinin gözlenmediği tespit edilmiştir.
- Kuvvet ya da anaerobik egzersizlerin yapıldığı aktivitelerde toparlanma sürecine dayanıklılık egzersizlerine göre daha iyi bir katkı sağladığı görülmüştür.
- PS'nin branşın gerektirdiği özelliklerine göre performans artırıcı ya da hızlı toparlanma sağlama amacıyla kullanılabilmesi düşünülmektedir.
- Olası faydalı etkilerinin gözlenebilmesi için minimum 6.5 mmol (400 mg) NO₃⁻ alımının sağlanması gerekmektedir. Dolayısıyla gereken dozunun yakalanabilmesi NO₃⁻ten zengin PS takviyelerinin kullanımı daha faydalı olabilir.
- NO₃⁻ün metabolize edilme süresi göz önünde bulundurularak PS alımı antrenman veya müsabakadan 2-3 saat öncesinde gerçekleştirilmelidir.
- Gelecekteki çalışmalarda atletik performans yanıtlarının yanı sıra PS'nin müsabaka aktivitesine etkilerini konu eden araştırmalara ihtiyaç vardır.
- Doz-yanıt ilişkisinin belirlenebilmesi için farklı dozlarda PS alımının incelendiği daha fazla çalışma yapılması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Aydın, R., Akça, F., Aras, D., & Baydan, M. (2019). Kırmızı pancar suyu yoluyla nitrat tüketiminin fizyolojik performans ve sağlık üzerine etkileri. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 17(4), 14-27.

Baranauskas, M. N., Altherr, C. A., Gruber, A. H., Coggan, A. R., Raglin, J. S., Gupta, S. K., & Carter, S. J. (2021). Beetroot supplementation in women enjoying exercise together (BEE SWEET): Rationale, design and methods. *Contemporary Clinical Trials Communications*, 21, 100693.

Bayraktar, B., & Kurtoğlu, M. (2011). *Dopingle Mücadele ve Futbolda Performans Artırma Yöntemleri*. 2. Baskı. Ankara: Ajansmat Matbaacılık.

Burke, L.M., Hall, R., Heikura, I.A., Ross, M.L., Tee, N., Kent, G.L. & McKay, A.K. (2021). Neither beetroot juice supplementation nor increased carbohydrate oxidation enhance economy of prolonged exercise in elite race walkers. *Nutrients*, 13(8), 2767.

Clifford, T., Bell, O., West, D. J., Howatson, G., & Stevenson, E. J. (2016). The effects of beetroot juice supplementation on indices of muscle damage following eccentric exercise. *European journal of applied physiology*, 116(2), 353-362.

Clifford, T., Berntzen, B., Davison, G. W., West, D. J., Howatson, G. & Stevenson, E. J. (2016). Effects of beetroot juice on recovery of muscle function and performance between bouts of repeated sprint exercise. *Nutrients*, 8(8), 506.

Cocksedge, S. P., Breese, B. C., Morgan, P. T., Nogueira, L., Thompson, C., Wylie, L. J., & Bailey, S. J. (2020). Influence of muscle oxygenation and nitrate-rich beetroot juice supplementation on O₂ uptake kinetics and exercise tolerance. *Nitric Oxide*, 99, 25-33.

Çetinkaya, G. (2019). *Pancar Suyunun Voleybolcuların Aerobik ve Anaerobik Performansı Üzerine Etkisi* (Master's thesis, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

Daab, W., Bouzid, M. A., Lajri, M., Bouchiba, M., Saafi, M. A., & Rebai, H. (2021). Chronic beetroot juice supplementation accelerates recovery kinetics following simulated match play in soccer players. *Journal of the American College of Nutrition*, 40(1), 61-69.

de Castro, T. F., de Assis Manoel, F., Figueiredo, D. H., Figueiredo, D. H., & Machado, F. A. (2019). Effects of chronic beetroot juice supplementation on maximum oxygen uptake, velocity associated with maximum oxygen

uptake, and peak velocity in recreational runners: a double-blinded, randomized and crossover study. *European Journal of Applied Physiology*, 119(5), 1043-1053.

de Castro, T. F., Manoel, F. D. A., Figueiredo, D. H., Figueiredo, D. H., & Machado, F. A. (2019). Effect of beetroot juice supplementation on 10-km performance in recreational runners. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 44(1), 90-94.

Domínguez, R., Maté-Muñoz, J. L., Cuenca, E., García-Fernández, P., Mata-Ordoñez, F., Lozano-Estevan, M. C., & Garnacho-Castaño, M. V. (2018). Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 2.

Ertürk, H. (2020). *Nitrat tüketiminin elit bisikletçilerde bazı fizyolojik özellikleri üzerine akut etkilerinin incelenmesi* (Master's thesis, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

Fernández-Elías, V., Courel-Ibáñez, J., Pérez-López, A., Jodra, P., Moreno-Pérez, V., Coso, J. D., & López-Samanes, Á. (2022). Acute beetroot juice supplementation does not improve match-play activity in professional tennis players. *Journal of the American Nutrition Association*, 41(1), 30-37.

Flanagan, S. D., Looney, D. P., Miller, M. J., DuPont, W. H., Pryor, L., Creighton, B. C., & Kraemer, W. J. (2016). The effects of nitrate-rich supplementation on neuromuscular efficiency during heavy resistance exercise. *Journal of the American College of Nutrition*, 35(2), 100-107.

Giv, V., Aminaei, M., & Nikoei, R. (2022). The effect of eight weeks beetroot juice supplement on aerobic, anaerobic power, and field performance of soccer players. *Research in Sports Medicine*, 32(1) 1-13.

Hoon, M. W., Jones, A. M., Johnson, N. A., Blackwell, J. R., Broad, E. M., Lundy, B., & Burke, L. M. (2014). The effect of variable doses of inorganic nitrate-rich beetroot juice on simulated 2000-m rowing performance in trained athletes. *International journal of sports physiology and performance*, 9(4), 615-620.

Huang, X., Zhang, Z., Wang, X., Wang, G., Wang, Y., Tang, K., & Gao, B. (2021). Influence of chronic nitrate-rich beetroot juice supplementation on the endurance performance of active winter triathletes: A randomized controlled trial. *Journal of the American Nutrition Association*, 42(2), 1-12.

Jodra, P., Domínguez, R., Sánchez-Oliver, A. J., Veiga-Herreros, P. & Bailey, S. J. (2020). Effect of beetroot juice supplementation on mood, perceived exertion, and performance during a 30-second Wingate test. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(2), 243-248.

Jones, A. M., Thompson, C., Wylie, L. J., & Vanhatalo, A. (2018). Dietary nitrate and physical performance. *Annual review of nutrition*, 38, 303-328.

Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Roberts, M. D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S. M., Jäger, R., & Kreider, R. B. (2018). ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 38.

Mosher, S. L., Sparks, S. A., Williams, E. L., Bentley, D. J., & Mc Naughton, L. R. (2016). Ingestion of a nitric oxide enhancing supplement improves resistance exercise performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(12), 3520-3524.

Murphy, M., Eliot, K., Heuertz, R. M., & Weiss, E. (2012). Whole beetroot consumption acutely improves running performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 112(4), 548-552.

Nyakayiru, J., Jonvik, K. L., Trommelen, J., Pinckaers, P. J., Senden, J. M., Van Loon, L. J., & Verdijk, L. B. (2017). Beetroot juice supplementation improves high-intensity intermittent type exercise performance in trained soccer players. *Nutrients*, 9(3), 314.

Ormsbee, M. J., Lox, J., & Arciero, P. J. (2013). Beetroot juice and exercise performance. *Nutrition and Dietary Supplements*, 5, 27-35.

- Ranchal-Sanchez, A., Diaz-Bernier, V. M., De La Florida-Villagran, C. A., Llorente-Cantarero, F. J., Campos-Perez, J., & Jurado-Castro, J. M. (2020). Acute effects of beetroot juice supplements on resistance training: a randomized double-blind crossover. *Nutrients*, 12(7), 1912.
- Reynolds, C. M., Evans, M., Halpenny, C., Hughes, C., Jordan, S., Quinn, A., & Egan, B. (2020). Acute ingestion of beetroot juice does not improve short-duration repeated sprint running performance in male team sport athletes. *Journal of Sports Sciences*, 38(18), 2063-2070.
- Ribeiro Antonieto, N., Alves do Santos, D., Ferreira Costa, K., Raimundo Fernandes, J., Carrenho Queiroz, A. C., Aedo Munoz, E. A., & Brito, C. J. (2021). Beetroot extract improves specific performance and oxygen uptake in taekwondo athletes: A double-blind crossover study. *Ido Movement for Culture. Journal of Martial Arts Anthropology*, 21(4), 12-19.
- Stander, Z., Luies, L., van Reenen, M., Howatson, G., Keane, K. M., Clifford, T., & Loots, D. T. (2021). Beetroot juice—a suitable post-marathon metabolic recovery supplement?. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 72.
- Serra-Payá, N., Garnacho-Castaño, M. V., Sánchez-Nuño, S., Albasa-Albiol, L., Girabent-Farrés, M., Moizé Arcone, L., & Gomis Bataller, M. (2021). The relationship between resistance exercise performance and ventilatory efficiency after beetroot juice intake in well-trained athletes. *Nutrients*, 13(4), 1094.
- Tatlıcı, A. (2017). *Elit boksörlerde akut besinsel nitrat takviyesinin anaerobik güç üzerine etkisi* (Master's Thesis, Selçuk Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Volino-Souza, M., de Oliveira, G. V., Barros-Santos, E., Conte-Junior, C. A., & Alvares, T. S. (2020). The impact of beetroot juice intake on muscle oxygenation and performance during rhythmic handgrip exercise. *Pharma Nutrition*, 14, 100215.
- Williams, T. D., Martin, M. P., Mintz, J. A., Rogers, R. R., & Ballmann, C. G. (2020). Effect of acute beetroot juice supplementation on bench press power, velocity, and repetition volume. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(4), 924-928.
- Wylie, L. J., Bailey, S. J., Kelly, J., Blackwell, J. R., Vanhatalo, A. & Jones, A. M. (2016). Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise performance. *European journal of applied physiology*, 116(2), 415-425.