

Geliş Tarihi (Received): 12.06.2019
Kabul Tarihi (Accepted): 29.10.2019
SPORMETRE, 2019,17(4),14-27
DOI: 10.33689/spormetre.576675

KIRMIZI PANCAR SUYU YOLUYLA NİTRAT TÜKETİMİNİN FİZYOLOJİK PERFORMANS VE SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Recep AYDIN¹, Fırat AKÇA², Dicle ARAS², Mine BAYDAN³

¹ Bartın Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Bartın

² Ankara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Ankara

³ Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Odyoloji Bölümü, Ankara

Öz: Son yıllarda aktif kaslara oksijen taşınmasını artırmaya yönelik beslenme uygulamalarından yüksek nitrat içeriği dolayısı ile kırmızı pancar suyu ön plana çıkararak spor beslenmesinde popülerliğini arttırmaya başlamıştır. Literatürdeki çalışmalar kırmızı pancar suyu tüketiminin çeşitli spor dallarında performansı arttırdığını ve genel toplum sağlığını iyileştirmeye yönelik de faydalarının olabileceğini göstermektedir. Bu çalışmanın amacı kırmızı pancar suyu tüketiminin sportif performans ve sağlığın iyileştirilmesi üzerine etkilerini ortaya koymak ve olası etki mekanizmalarını açıklamaktır.

Anahtar Kelimeler: Nitrat, pancar suyu, beslenme, performans, sağlık

THE EFFECTS OF NITRATE CONSUMPTION THROUGH BEETROOT JUICE ON PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE AND HEALTH

Abstract: In recent years, beetroot juice has started to increase its popularity in sports nutrition due to its high nitrate content from nutrition applications to increase the oxygen transport to active muscles. Several studies in the literature show that beetroot juice consumption improves performance in various sport branches and may have benefits to improve general public health. The aim of this study is to demonstrate the effectiveness of beetroot consumption on athletic performance and to explain possible mechanisms of action.

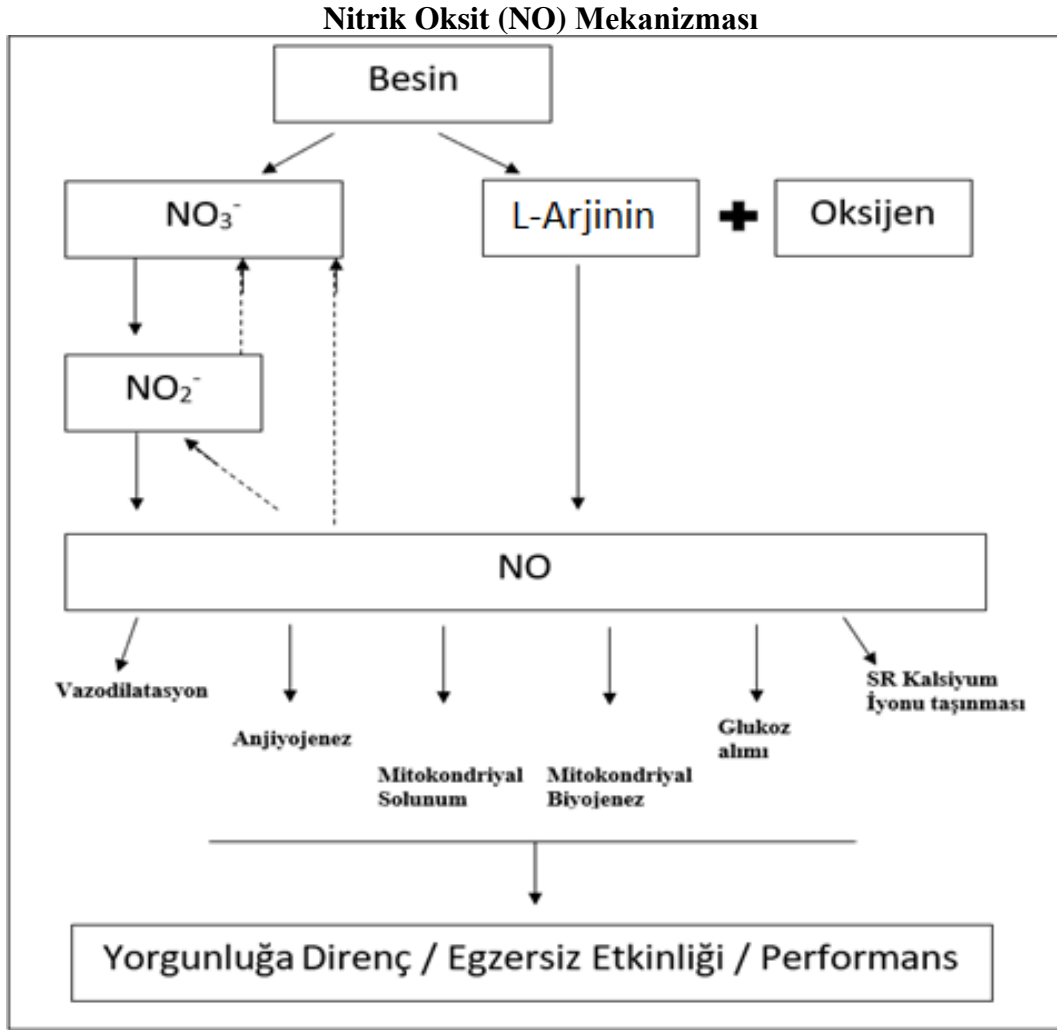
Key words: Nitrate, beetroot juice, nutrition, performance, health

Nitrik oksit ve Genel Bakış

Nitrik oksit (NO) diğer bir adı ile azot oksit ya da azot monoksit, vücudun çeşitli yerlerinde sentezlenen, çözünür gaz halindeki bir moleküldür. NO'nun biyosentez oluşumu ve bilimsel önemi 1980'li yıllarda yapılan çalışmalarda ortaya çıkmıştır. Bu yıllar içerisinde NO'nun tanımlanmasından kısa bir süre sonra, bu molekülün oluşumu; özel olarak nitrik oksit sentaz (NOS) enzimlerinin kompleks bir enzimatik reaksiyon ile katalize olarak ve L-arginin bileşenleri ile moleküler oksijen bileşiminden olduğu ortaya çıkmıştır (Schmidt ve ark., 1988). Daha sonra NO, biyolojideki gelişmeler ile birlikte farmakolojik ve fizyolojik çalışmalarda kullanılan önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Önceleri nitrik oksitin (NO) sadece “nitrik oksit sentaz (NOS) enzimleri tarafından katalize edilen bir reaksiyonda” ve “L-argininin oksidasyonu” yoluyla üretildiğine; dolayısıyla nitrat (NO³⁻) ve nitritin (NO²⁻) sadece endojen olarak üretildiğine inanılıyordu. (Schmidt ve ark., 1988).

Temel olarak NO'nun ana oksidasyon ürünleri nitrat ve nitrit (Lundberg ve ark., 1994) olarak bilinmekle birlikte o yıllarda, egzersiz fizyolojisi ve sporcu beslenmesi içerisinde ilgi görmemiştir. Devamında NO, çoğu yerde "ilave" ya da “potansiyel ergojenik yardımcı” madde olarak ön görülmeye ve satılmaya başlanmıştır. Doksanlı yılların sonunda, çeşitli çalışmalar ile nitrik oksitin kas kontraksiyonu, mitokondriyal solunum ve kan akışının düzenlenmesi de dâhil olmak üzere egzersiz ve toparlanma ile ilgili birçok fizyolojik süreçte önemli rol oynadığı ortaya konmuştur (Stamler ve Meissner, 2001). Geleneksel olarak NO üretim yoluna

baktığımızda, özel NOS enzimleri kompleks bir reaksiyonu katalize eder ve L-arjinin ile oksijen substratlarından NO oluşur (Moncada ve Higgs, 1993).



Şekil 1. NO oluşum ve etki mekanizması (Jones, 2014'den uyarlanmıştır)

Nitrik oksit, nitrit oksit sentezi tarafından katalize edilmiş bir reaksiyonla L-arginin ve oksijen yüzeylerinden üretilir. NO daha sonra NO^3- ve NO^2- için oksitlenir. Vazodilatasyon, anjiyojenez (kan damar oluşumu), mitokondriyal solunum, mitokondriyal biyojenez, glukoz alımı ve sarkoplazmik retikulumda kalsiyum iyonu taşımada rol oynayarak, yorgunluğa dirençte ve egzersiz etkinliğini arttırmada rol oynamaktadır.

Pancar Suyu – Nitrat (NO^3-)

Yeşil yapraklı ve yumru köklü sebzeler, nitratın ana kaynağıdır (NO^3-). Çok yüksek NO^3- konsantrasyonuna sahip sebzeler (250 mg / 100 g) ıspanak, roka, tere, marul, kereviz, turp, İsviçre pazısı, chervill (Frenk maydonozu) ve kırmızı pancardır (Santamaria, 2006). Bu sebzeler diğer besinsel içerikler yanında, L-arjinin ve/veya L-sitrulin içerir. L-sitrulin ve L-arginin, NO'nun alternatif bir vericisi olabileceği öne sürülmüştür (Besco ve ark., 2012). L-arginin, diyet proteinlerinin doğal bir bileşeni olan bir amino asit olarak kabul edilir. Deniz ürünleri, karpuz, kabuklu yemişler, algler, kırmızı ve beyaz et, pirinç protein konsantresi ve soya proteini içerisinde L-arginin oranı nispeten yüksektir (King ve ark., 2008).

Yakın zamanda, nitrat içeren ürünler içerisinde, doğal bir ürün olarak sıklıkla pancar suyu kullanılmıştır (Jones, 2016). Vücuda diyet ile alınan inorganik nitrat, plazmada dolaşır ve bir

kısmı tükürük bezleri tarafından alınarak tükürükte konsantre olur (Spiegelhalter ve ark., 1976). Dolaşıma girmeden önce nitrat, tükürük bezleri tarafından aktif olarak emilir ve ağızdaki bakteriler, nitrattan nitrite indirgemede konsantre olurlar. Daha sonra, yutulan nitritin bir kısmı emilir ve uygun fizyolojik koşullar altında kan ve dokularda NO'e dönüştürülebilir plazma nitritini artırmaya yarar. (Lundberg ve Weitzberg, 2009). Dil yüzeyindeki kriptlerde bulunan, az veya hiç oksijen olmayan yerlerde yaşayabilen bakteriler (komensal fakültatif anaerobik bakteriler), nitratı nitrite indirgemektedir (Dunkon ve ark., 1995; Govoni ve ark., 2008). Yutulan nitritin bir kısmı midenin asidik ortamında NO durumuna indirgenir. Fakat sistematik dolaşıma önemli bir miktarda NO²⁻ girer ve plazma nitrit konsantrasyonu yükselir (Dejam ve ark., 2004; Lundberg ve Govoni, 2004). Bol miktarda NO³⁻ alınmasının ardından, kan plazmasındaki nitrat konsantrasyonu 1-2 saat sonra zirve yapar. 2-3 saat sonra da kan plazmasındaki NO²⁻ zirveleri oluşmuş olur, bu noktadan sonra her ikisi de giderek düşer ve yaklaşık 24 saat sonra başlangıç değerlerine geri döner (Wilkerson, 2012). Bu işlem, iskemi, hipoksi ve düşük pH ortamı yaratılan koşullarda daha da kolaylaşarak nitrik oksit'in en fazla ihtiyaç duyulduğu yerde üretilmesine olanak tanır. Öyle ki, bu koşullar egzersiz sırasında iskelet kasında meydana gelebilen durumlardır (Modin ve ark., 2001; Richardson ve ark. 1995). Nitrat takviyesinin, hipoksi ve iskemide performansın artırılmasında özellikle etkili olduğu bazı çalışmalarla da desteklenmiştir (Kenjale ve ark., 2011; Vanhatalo ve ark., 2011; Masschelein ve ark., 2012).

Hayvanlar ile yapılan bazı çalışmalarda NOS inhibisyonu, endojen nitrik oksit üretimini azaltarak, köpeklerde (Shen ve ark., 1994), ratlarda (Lacerda ve ark., 2006) ve atlarda (Kindig ve ark., 2002) VO₂ dinamiklerini olumlu yönde etkilemiştir. Pancar suyundan elde edilen nitratın etkileri hızlı gibi gözükmemekte ve nitrat bakımından zengin besinlerin alınması birkaç saat içinde kardiyovasküler yanıtı etkileyebilmektedir (Webb ve ark., 2008).

Antioksidan olarak Pancar Suyu

Yeşil çay, narenciye, zerdeçal, çilek gibi bazı besinlerin içerdiği doğal antioksidanların, serbest radikalleri temizlemede çok etkili oldukları ve hem gıdaların bozulmasını hem de insan dokularının zararlarını geciktirebileceği gösterilmiştir (Wu ve ark., 2013; Tongnuanchan ve ark., 2012; Sonkaew ve ark., 2012). Sebzelere bulunan nitrat seviyelerinin büyük bir değişkenlik gösterdiği ve- sebzenin hasat edildiği zamanki tazelik ve çiftçilik uygulamalarının, sebzenin nitrat seviyesinde önemli bir rol oynadığı gösterilmiştir. Azot içeren gübre ile yetiştirilen taze sebzeler daha fazla miktarda nitrat üretecektir. Bu nedenle, organik olarak yetiştirilen sebzelerin daha düşük nitrat seviyelerine sahip olması muhtemeldir (Byran ve Hord, 2010).

Tablo1. Farklı gıda kaynaklarının nitrat içerikleri (Byran ve Hord, 2010'dan uyarlanmıştır).

Nitrat Seviyesi	Taze sebze / Kg başına	Ürünler
Çok Yüksek	2500mg (40mmol)	Pancar ve suyu, kereviz, marul, ıspanak
Yüksek	1000-2500mg (18-40mmol)	Çin lahanası, kereviz, hindiba, pırasa, maydanoz
Ortalama	500-1000mg (9-18mmol)	Lahana, dereotu, şalgam, havuç suyu
Düşük	200-500mg (3-9 mmol)	Brokoli, havuç, karnabahar, kabak
Çok Düşük	<200mg (<3mmol)	Kuşkonmaz, enginar, bakla, bezelye, domates, karpuz, tatlı patates, patates, sarımsak, soğan, mantar

Bitkisel açıdan zengin bir diyetin büyük ölçüde kardiyovasküler faydalara sahip olduğu ve daha uzun bir yaşam süresiyle ilişkilendirilebileceği kanıtlanmıştır (Appel et al., 1997). Diyetle alınan nitratın, kan basıncını azaltabileceğinden kardiyopreptik olduğu düşünülmektedir (Gilchrist ve ark., 2010). Bu yararların özellikle yeşil yapraklı sebze ve pancar gibi besinlerin yüksek NO₃ içeriğine bağlı olabileceği öne sürülmüştür (Hord ve ark., 2009). Kırmızı pancar; içecek, şeker, süt ve sığır ürünlerinde gıda renklendiricisi ve katkı maddesi olarak kullanılan Betanin (E162) de içeren yüksek betalain konsantrasyonlarına sahiptir (Esatbeyoğlu ve ark., 2015; Ravichandran ve ark., 2013; Wettasinghe ve ark., 2002). Suda çözünen betalain pigmentleri, düşük konsantrasyonlarda insan akciğer kanserine ve anti-tümör özelliklerine karşı anti-radikal, antioksidan, anti-enflamatuar, hepatoprotektif de dâhil olmak üzere birçok biyolojik aktiviteye sahiptir (Cai, ve ark., 2005; Ravichandran ve ark., 2013; Wootton-Beard ve Ryan, 2011). Ayrıca, pancar ve bileşenlerinin antioksidan olma durumu, egzersizli sürdürme yeteneğini artırabilir veya egzersiz performansının iyileşmesine yardımcı olabileceği düşünülmektedir (Ormsbee ve ark., 2013).

NO ve Egzersiz Performansı İlişkisi

NO, düz kası gevşeterek ve kan dolaşımını iyileştirerek vazodilatasyonda önemli bir rol oynayan güçlü bir sinyal molekülüdür (Nicholas ve ark., 2017). Egzersizde nitrik oksit'in ergojenik bir katkı sağlayacak şekilde etki edebileceği düşünülen fizyolojik parametreler şunlar olabilir: iskelet kası kontraktilesi ve mitokondriyal verimlilik, glukoz homeostazi ve solunum aktiviteleri (Stamler ve Meissner, 2001). İskelet kası, kardiyovasküler ve metabolik kontrol üzerine önemli katkı sağladığı bilinmesine rağmen (Joyner ve Tschakovsky, 2003), egzersiz performansını artırması konusunda, nitrit oksit'in besin takviyesi olarak alınmasının gerekliliği halen tartışılmaktadır (Álvares ve ark., 2011; Bescós ve ark., 2012). Yapılan bilimsel çalışmalarda, ticari olarak satılan NO takviyelerindeki bileşen (L-arginin ve L-sitrülin) miktarlarının son derece düşük olduğu, bu miktarların NO ile ilişkilendirilen mekanizmaları indüklemeye etkisiz olduğu saptanmıştır (Bloomer ve ark., 2010). Bu nedenle, nitrik oksit içeren çoğu çalışmada, insan performansı üzerindeki etkisini değerlendirmek için farmasötik ürünler kullanılmıştır (Koppo ve ark., 2009).

Pancar Suyu/Nitrat Kullanımının Aerobik Yüklenmelere Ergojenik Etkileri

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında, aerobik metabolizmanın baskın olduğu sporlar üzerinde olumlu etkileri ile nitrat takviyesinin, aerobik egzersiz kapasitesini artırdığını, bunun yanı sıra egzersiz sırasında algılanan zorlanma derecesini düşürdüğü ve yorgunluk süresini de uzattığı saptanmıştır (Wilkerson ve ark., 2012; Christensen ve ark., 2013; Bond ve ark., 2012; Cermak ve ark., 2012; Cermak ve ark., 2012). Nitratın, dayanıklılık egzersizinde performansı artırmak için 6 dakika ila 2 saat arası aktivitelerde ağırlıklı olarak kullanıldığı görülmektedir (Bangsbo ve ark., 2007; Krstrup ve ark., 2003; Mohr ve ark., 2007).

Lansley ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada pancar suyu tüketimi, plazma nitritini %105 oranında arttırmış ve %7 daha iyi bir egzersiz ekonomisi sergilediklerini saptamıştır. Pancar suyu tüketiminin aerobik performans yararı açısından etkisinin yüksek NO³⁻ içeriğine bağlı olduğunu göstermişlerdir. Başka bir çalışmada ise Clifford ve ark., (2017) pancar suyunun maraton yarışı sonrasında kas fonksiyonu üzerinde iyileşmeyi arttıracığı ve uzun mesafe koşucuları arasında sık rastlanan akut inflamatuvar durumları azaltarak kas ağrılarını minimuma indireceği hipotezini savunmuşlardır. Ancak hipotezlerinin aksine maraton sporcularında pancar suyu tüketiminin kas ağrılarında herhangi bir azaltma-hafifletme sağlamadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Bailey ve arkadaşları 6 gün boyunca 500 mL /gün nitrat açısından zengin pancar suyu tüketiminden sonra VO_2 kinetiğinde önemli bir iyileşme olduğunu dile getirmişlerdir. Düşük-orta yoğunlukta egzersiz sırasında pulmoner yanıtta %19'luk bir azalma görülmüş, bisiklet ergometresi testi sırasında yorgunluk süresini, plasebo grubuna kıyasla (~%14) uzattığını göstermişlerdir (Bailey ve ark., 2010).

Elit yüzücüler ile yapılan bir çalışmada bir haftalık pancar suyu kullanımının performansa etkileri incelenmiştir. 14 sporcu ile gerçekleştirilen bu çalışmada, kontrol grubuna egzersizlerinden sonra artım kontrollü yüzme testi (CSW), diğer gruba ise altı gün pancar suyu tüketiminden (yaklaşık 0.5 mmol / gün organik pancar suyu yaklaşık 5.5 mmol NO_3^- içeren) sonra yüzme testi uygulanmıştır. Sonuç olarak pancar suyu tüketiminin elit yüzücülerin performansını olumlu yönde etkileyebileceğini gösteren veriler sunulmuştur. Bu yararlı etki, anaerobik eşik değerinde aerobik enerji maliyetinin ve artan iş yükünün azalması dolayısıyla oluşurken, maksimum oksijen alımı ve maksimum iş yükünün etkilenmediği görülmektedir. Pancar suyunun egzersiz öncesinde diyet ile alımının elit yüzücüler için faydalı olup olmayacağını açıklığa kavuşturmak için daha fazla sayıda ve daha detaylı araştırmalara ihtiyaç olduğuna da dikkat çekmişlerdir (Pinna ve ark., 2014).

Diyetle birlikte nitrat alımının profesyonel kanocuların submaksimal ve supramaksimal egzersiz parametreleri üzerine etkisinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, deney grubuna egzersizden 3 saat önce 70ml/100g tek doz pancar suyu, plasebo grubuna ise aynı oranda domates suyu içirmişlerdir. Sonuç olarak, egzersiz parametrelerinde herhangi bir değişiklik görmemişlerdir. Bunu da pancar suyunun tek dozda alınmasına bağlamışlardır (Muggeridge ve ark., 2013).

Benzer başka bir çalışmada, tek doz konsantre pancar suyu alımının, belli bir yüksekliğe maruz kalmış (2500 metre) bisikletçilerde submaksimal egzersiz ve zaman deneme testi performansındaki fizyolojik cevaplar üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, egzersizden 3 saat önce alınan 70ml BR'nin VO_2 maliyetinde önemli bir azalmaya ve submaksimal egzersiz sırasındaki SpO_2 'de küçük bir artışa neden olduğunu ve bunun da zaman deneme testi (16,1 km) performansını arttırdığını göstermişlerdir. Araştırmacılar, her ne kadar pancar suyunun bu irtifadaki egzersiz için pratik ve etkili bir ergojenik yardımcı olduğunu bildirmiş olsalar da performansı en üst düzeye çıkarmak için bu etkiden sorumlu mekanizma ve optimum takviye stratejisinin araştırılmasının gerekliliğini bildirmişlerdir (Muggeridge ve ark., 2014).

Boorsma ve ark., (2014) “Pancar Suyu Eklemesi Elit 1500 m' Koşucularının Performansını Artırmıyor” başlıklı çalışmalarında, pancar suyu ile diyet nitrat takviyesinin ergojenik yardımcı olarak fazlaca ilgi gördüğünü dile getirmişlerdir. Bu çalışmada submaksimal sürede akut ve kronik olarak pancar suyu tüketiminin VO_2 maliyeti üzerindeki etkilerini ve 8 elit mesafe koşucusunda 1500 m zaman deneme test performansını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, akut ve kronik olarak pancar suyu takviyesinin, elit mesafe koşucularında VO_2 maliyetini azaltmadığı ve 1500 m zaman deneme performansını iyileştirmediğini göstermişlerdir (Boorsma ve ark., 2014).

Hipoksik koşullarda nitrat takviyesinin etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; konsantre pancar suyu takviyesi olarak sunulan akut diyet NO_3^- normobarik hipoksida profesyonel koşucuların dayanıklılık performansını artıracığı varsayılmıştır. Çalışma sonucunda, zaman denemeli performans testi üzerinde pratik olarak anlamlı hiçbir faydalı etki gözlemlenmemiştir. NO_3^- aynı zamanda oksijen maliyetini, arteriyel oksijen saturasyonunu, kalp atım hızını veya algılanan zorluk derecesi (RPE) 'ni de değiştirmemiştir. Akut diyetle alınan NO_3^- takviyesinin,

normobarik hipoksizde elit sporcuların koşu performansını sürekli olarak artıramadığını da söylemişlerdir (Arnold ve ark., 2015). Pancar suyu ile beraber nitrat desteğinin, tip II kas liflerinde kalsiyum emilimini ve kuvvet üretimini özellikle iyileştirebileceği gösterilmiştir (Hernandez ve ark. 2012). Aerobik dayanıklılık üzerine yapılan çalışmalarda olduğu gibi güç çıkışları üzerinde nitrat takviyesinin etkisinin olumlu yönde olduğu savunulsa da (Cermak ve ark., 2012), nitratın herhangi bir etkisinin olmadığını gösteren araştırmalar da mevcuttur (Wilkerson ve ark., 2012). Bu bağlamda Lansley ve ark., (2011) tarafından yapılan bir çalışmada 9 bisikletçi ile güç çıkışı, oksijen tüketimi ve zaman denemeli (TT) bisiklet testleri uygulandı. Çalışmada plasebo grubu ile pancar suyu (500 mL 6.2 mmol NO³⁻) içirilen gruplar arasındaki çıktılara bakıldığında; pancar suyu tüketimi, plazma nitritini % 138 arttırdı. 4 km ve 16 km zaman denemeli test bitirme süresini önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Sırasıyla, 4 km için % 2.8 ve % 5 ve 16 km için (% 2.7 ve % 6) güç çıktısını artırdığını saptamışlardır. Bailey ve ark., 2010 yapmış oldukları çalışma sonucunda pancar suyu alımının, ortalama plazma nitritini %96 arttırdığını ve kas deoksihemoglobin oranını %13 azalttığını; bu durumda da fraksiyonel oksijenin azaldığını bildirmişlerdir. Artan diyet inorganik NO³⁻ tüketiminin yüksek yoğunluklu egzersiz toleransını geliştirme potansiyeline sahip olduğu sonucuna varmışlardır.

Pancar Suyu/Nitrat Kullanımının Aralıklı Yüklenmelere Ergojenik Etkileri

Takım sporları, raket sporları ve mücadele sporları gibi bazı branşlar hemen arkasından dinlenme periyodlarının geldiği birçok yüksek şiddetli aralıklı eforları içerirler. Özellikle takım sporları 3-4 saniyelik çok yüksek şiddetli yüklenmelerin arkasından gelen aktif dinlenme periyodlarına sahiptir (Kilit ve Arslan, 2017). Raket sporlarında 7-10 saniyelik yüklenmeler 10-16 saniye arasında dinlenme periyodları ile bölünür ve dövüş sporlarında ise 15-30 saniyelik yüklenmeler, 5 dakika süresince 5-10 saniyelik dinlenmelerle sergilenir (Kilit ve Arslan, 2019). Tüm bu yüklenmelerin yüksek performansla sergilenebilmesi performans için kritik öneme sahiptir. Bu tür yüklenmelerde performansı arttırmak için yapılan besinsel ergojenik yardım stratejileri arasında pancar suyunun da kullanımı artmaktadır (Spencer ve ark., 2005; O'Donoghue ve Ingram, 2001; Felipe ve ark., 2016).

Wylie ve arkadaşları (2013), takım sporları ile uğraşan 14 kişi ile yaptıkları bir çalışmada 490ml/100gr konsantre pancar suyu tüketimi yoluyla NO³⁻ takviyesinin performans sırasında kaslara glikoz alımını kolaylaştırarak ve kas eksitabilitesini daha iyi koruyarak Yo-Yo IR1 test performansını arttırdığını saptamışlardır. Takım sporcuları ile yapılan bir başka çalışmada, 7 gün süresince 12.8 mmol NO³⁻ içeren pancar suyu tüketen katılımcıların bisiklet ergometresinde maça benzetilen bir protokole; 2 setten oluşan ve her setin 40 dakika sürdüğü testin orta ve son bölümlerinde yer alan 6'şar saniyelik sprintlerin 14'er saniyelik dinlenmelerle uygulandığı aralıklı sprint performansında ve toplam iş kapasitesinde yaklaşık %3.5'lik artış saptanmıştır (Thompson ve ark, 2015). Buck ve ark (2015) 6 gün boyunca günde 6.4 mmol NO³⁻ içeren pancar suyu ve beraberinde (ya da ayrı ayrı) sodyum fosfat tüketen kadın katılımcıların 60 dakikalık maç simülasyonu şeklinde bisiklet ergometresi üzerinde yapılan testlerinin 6 x 20 metrelik, aralarında 25'er saniye dinlenme bulunan son sprint evrelerinde pancar suyunu tek başına kullanan grupta performansta farklılık görülmemiş, ancak sodyum fosfat ve pancar suyu birlikte alındığında performansta anlamlı gelişmeler görülmüştür.

Onbeşer saniyelik VO₂Maks'ın %170'i şiddetinde bisiklet ergometresinde tükenene kadar sprintler içeren (hep sprint arasında 30'ar saniye dinlenme ile) test içeren bir çalışma öncesinde tek doz (yaklaşık 10.9 mmol NO³⁻) pancar suyu kullanımı (testten 180 dakika önce) sonrası sonuçlar incelenmiş ve pancar suyu kullanımı sonrası yapılan sprint sayısında ve yapılan toplam işte yaklaşık %20'lik bir artış tespit edilmiştir (Aucouturier ve ark, 2015). Pancar suyu

kullanımının aralıklı yüklenmeler üzerine etkisi halen belirsiz olup, daha fazla sayıda çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Pancar Suyu/Nitrat Kullanımının Kuvvet üzerine Etkileri

Pancar suyu veya nitrat içeren besin veya takviyelerin kuvvet performansına etkisinin araştırıldığı çalışmalara literatürde sık rastlanmamakla birlikte sınırlı sayıdaki çalışmanın sonucu potansiyel olarak olumlu bir etkisi olabileceğini göstermektedir.

Mosher ve ark (2016), 1 tekrar maksimum bench press'in %60'ı şiddetinde 3 set boyunca (setler arası 2dk. dinlenme ile) maksimum tekrar sayısı yapılan bir protokolde pancar suyunun etkilerini araştırmış, plasebo grubuna göre pancar suyu tüketen grup lehine anlamlı şekilde tekrar sayılarında artış saptamışlardır. Düzenli olarak direnç egzersizi yapan 14 yetişkin erkek ile yürütülen bir başka çalışmada, yüksek şiddetli bir direnç egzersizi sırasında fizyolojik değişkenlerin yanısıra EMG ile kassal aktivite, hareket ekonomisi vb. hareket verimliliği ile ilişkili parametreler ölçülmüş ve kalp atım hızı ve laktat düzeyi gibi parametrelerde plasebo grubuna benzer sonuçlar ortaya çıkmakla birlikte pancar suyu tüketen grubun EMG sinyalleri daha yüksek bulunmuş ve egzersiz sırasındaki hareket ekonomisi ve iş verimliliği parametrelerinde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir (Flanagan ve ark, 2016).

Tablo 2. Pancar suyu (Beetroot Juice[BR]) üzerine yapılmış bazı çalışmalar ve fizyolojik yanıtlar

Yazarlar	Katılımcılar	Metod	BR alım miktarı / Diğer alım	Sonuçlar
Wylie ve ark., 2013	10 sağlıklı erkek	Çapraz ölçüm	- 70 mL (4.2 mmol NO ³⁻), - 140 mL (8.4 mmol NO ³⁻), - 280 mL (16.8 mmol NO ³⁻) BR.	- 140 mL ve 280 mL BR alımı, orta yoğunlukta egzersizi sırasında VO ₂ maliyetini %1,7 ve %3,0 oranında düşüş görüldü. - 70 mL'lik BR alımı, orta yoğunlukta veya yoğun şiddetli egzersizde, fizyolojik cevapları aynı - 16.8 mmol'lik BR alımı 8.4 mmol'lük NO ³⁻ a kıyasla ek bir fayda yok
Masschelein ve ark., 2012	15 aktif sağlıklı erkek	Tek kör ve çapraz ölçüm	- 0.07 mmol / kg / gün ve plasebo - 6 gün boyunca	- Hipoksi sırasında, istirahat ve orta yoğun egzersiz sırasında arteriyel O ₂ doygunluğu %3,5 ve %2,7 daha yüksek - BR, plasebo grubuna kıyasla VO ₂ maliyetinde azalma
Kelly ve ark., 2013	Rekreasyonel açıdan 9 aktif sağlıklı erkek	Çift kör ve çapraz ölçüm	- 500 mL BR ve plasebo - 7-12 gün boyunca	- BR ile %60, %70 ve %80 şiddetli bisiklet ergonometre performansında %17, %16 ve %12 oranında artış
Kenjale ve ark., 2011	Periferik arter hastalığı olan 8 birey	Açık uçlu çapraz ölçüm	- 500 mL BR (18.1 mmol/ NO ³⁻) ve plasebo	- Ağrıdan kaynaklanan topallamaya kadar %18 daha uzun yürüyüş ve % 17 daha uzun tepe yürüyüşü - O ₂ ekstraksiyonunda azalma
Wilkerson ve ark., 2012	8 erkek elit bisikletçi	Çift kör ve çapraz ölçüm	- 500 mL lt BR / gün	- 50 mil TT (Zaman Denemeli) performansında %0,8 oranında gelişim - Güç çıkışlarında farklılık yok - BR, plaseboya kıyasla VO ₂ maliyetinde azalma
Christensen ve ark., 2013	10 elit bisikletçi	Tek kör ve çapraz ölçüm	- 500 mL BR ve plasebo - 6 gün boyunca	- VO ₂ kinematikleri veya performansı üzerinde etki yok
Bond ve ark., 2012	14 erkek elit kürekçi	Çift kör ve çapraz ölçüm	- 500 mL BR/gün (5.5 mmol NO ³⁻) ve plasebo - 6 gün boyunca	- Tekrarlanan yüksek yoğunluklu kürek ergometresi performans sürelerinde, tüm tekrarlamalarda %0,4, egzersizin sonraki aşamalarında ise %1,7 oranında gelişim
Cermak ve ark., 2012	12 erkek profesyonel bisikletçi	Çift kör ve çapraz ölçüm	- 140 mL konsantre BR (8 mmol NO ³⁻) ve plasebo	- BR alımı ile ortalama VO ₂ maliyeti maksimal gücün %45 ve %65'inde plaseboya göre daha düşük. - 10 km TT (Zaman Deneme testi)'nin tamamlanması BR ile plaseboya göre %1,2 daha hızlı %2,1 oranında daha yüksek güç çıkışı..
Lansley ve ark., 2011	9 sağlıklı aktif erkek	Çift kör ve çapraz ölçüm	- 500 mL BR (6.2 mmol / gün NO ³⁻) ve plasebo	- Orta ve yüksek şiddet egzersizde VO ₂ maliyeti %7 daha az - Yoğun şiddette koşu sırasında yorulma eğişi arttı.
Vanhatalo ve ark., 2011	9 sağlıklı birey	Çift kör ve çapraz ölçüm	- 750 mL of BR (9.3 mmol NO ³⁻) ve plasebo	- BR alımı, yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında, hipoksik kas metabolik pertürbasyonunu azalttı - BR alımı egzersiz toleransını normoksik koşullara geri döndürdü.
Bailey ve ark., 2010	19-38 yaş aralığında 7 erkek	Çift kör ve çapraz ölçüm	- 500 mL BR (5.1 mmol/gün NO ³⁻) ve plasebo	- Düşük yoğunluklu egzersiz sonrasında dinlenme olmadan pulmoner VO ₂ artışında % 25 azalma. - Düşük yoğunlukta egzersizin son 30 saniyesindeki VO ₂ 'de ve ortalama VO ₂ 'de belirgin bir azalma. - Düşük yoğunluklu egzersiz sırasında PCr bozulmasında % 36'lık azalma. - Yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında PCr'de% 59 azalma.
Cermak ve ark., 2012	20 erkek elit bisikletçi	Çift kör ve tekrarlı çapraz ölçüm	- Tek doz sıvı kapsül BR (140 mL/8.7 mmol NO ³⁻) ve plasebo - TT'den 1 saat önce	- Plazma nitrit konsantrasyonları BR alımından sonra anlamlı derecede yüksek - TT (Zaman Deneme) performansında, güç çıkışında veya kalp atım hızlarında değişiklik yok

**VO₂: Oksijen tüketimi, BR: Beetroot Juice, NO³⁻: Nitrat, PCr: fosfokreatin, TT(time trial, zaman deneme performans testi):, mmol: milimol, mL: mililitre

Pancar Suyu- Doz İlişkisi

Doz üzerinden yapılan çalışmalara bakıldığında, nitrat takviyesinin tek doz üzerinden (140 mL NO³⁻, 70 mL NO³⁻) verildiğinde performans parametreleri üzerinde etkisinin olmadığı veya daha az olduğu görülmektedir (Cermak ve ark., 2012; Muggeridge ve ark., 2014). Çalışmalar aerobik enerji metabolizmasının baskın olduğu spor branşları üzerinde, yaklaşık 1-2 hafta (6-12 gün) arasında egzersiz öncesi alınan nitratın (8.4 mmol NO³⁻, 0.07 mmol/kg/gün, 18.1 mmol/NO³⁻, 5.5 mmol NO³⁻.) oksijen tüketim değerleri ve bazı performans parametreleri üzerinde olumlu etkisinin olduğunu göstermektedir (Masschelein ve ark., 2012; Bond ve ark., 2012; Kelly ve ark., 2013; Christensen ve ark., 2013).

Bir diğer çalışmada hem kafein hem de pancar suyunun bisiklet sporcuları üzerindeki etkilerine bakıldığında, kafein takviyesinin hem erkek hem de kadın bisiklet sporcularında zamana karşı performanslarında bir artış sağladığı, ancak pancar suyunun (8.4 mmol / 140mL) herhangi bir fayda sağlamadığı görülmüştür (Lane ve ark., 2013). 2000 metre kürek performansında farklı dozlar üzerine yapılan çalışmada ise, egzersizden 2 saat önce (8.mmol / 140 mL) pancar suyu tüketimi, elit sporcularda 2000-m kürek performansı üzerinde pozitif bir etki sağlamıştır. 4.2 mmol/70 mL içeren diğer bir dozda plasebo grubuna kıyasla performansta fark edilebilir değişiklik görülmemiştir (Hoon ve ark., 2014).

Doz ilişkisi incelendiğinde, kalp yetersizliği ve ejeksiyon fraksiyonu olan hastalarda hem tek doz (6.1 mmol / 70mL) hem de 1 hafta/gün (6.1 mmol / 70mL) dozlarla, pancar suyu uygulanan grup ile plasebo grubu arasında egzersiz sırasında VO₂ ve sistolik kan basıncı, istemli yorgunluk da dahil olmak üzere hiçbir fark bulunmamıştır (Eggebeen ve ark., 2016).

Akut doz verilen çalışmalarda kullanılan dozlar 5.1 mmol (0.32 g) ve 18.1 mmol (1.12 g) arasında değişmektedir, bu miktarlar kişi başı diyetle alınan ortalama nitrat miktarının yaklaşık 4-12 katı daha fazladır. Doğal beslenme ve diyet yolu ile nitrat alımının da hem sedanterler de hem de sporcu popülasyonlarında teşvik edilmesi gerekmektedir (Clifford ve ark., 2016; Mensinga ve ark., 2003; Wylie ve ark., 2016).

SONUÇ

Sonuç olarak, ergojenik olarak diyetle alınan nitrat takviyesi bazı performans parametrelerini (Vo₂ maliyetinde azalma, güç çıktısında artma, yorgunlukta azalma) geliştirebilmekte, kas etkinliği ve oksijenasyon gibi fizyolojik yönleri güçlendirmek için yeni ve bir o kadar da tartışma götürecek bir yaklaşımı temsil etmektedir. Araştırmalarda nitratın ergojenik etkileri olduğu gösterilmekle birlikte, farklı enerji üretim yolları üzerindeki etkisi ve ergojenik etkiyi sağladığı mekanizmanın ne olduğu halen tartışılmaktadır (Wylie ve ark., 2013; Pinna ve ark., 2014; Muggeridge ve ark., 2014).

Nitratın etkinliği, yaş, diyet, sağlık ve zindelik durumunu da içeren bir takım öznel faktörlere bağlı olabilir; egzersiz yoğunluğu, süresi, uygulanan doz ve nitrat takviye süresi de etkili olmaktadır (Jones, 2016). Pancar suyu ile NO³⁻ takviyesi, yüksek yoğunluklu egzersiz performanslarını arttırmak için doğal olarak düşük riskli bir yöntem olduğu görülmektedir.

Bazı durumlarda nitratın, egzersiz kapasitesini geliştirme potansiyeline sahip olduğu açıkça görülmekteyken, bu çalışmaların aksine nitratın egzersiz kapasitelerini geliştirmediği durumlar da araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur. Klinik olarak da performans geliştirici olarak da herhangi bir gurubun yararlanacağı en uygun doz alımı stratejilerini ve hangi koşullar altında diyet nitratlarının performansı arttırmak için en etkili olduğunun anlaşılması için daha fazla

çalışmaya ihtiyaç vardır. Akut doz verilen çalışmalarda kullanılan dozlar 5.1 mmol (0.32 g) ve 18.1 mmol (1.12 g) arasında değişmektedir, bu miktarlar kişi başı diyetle alınan ortalama nitrat miktarının yaklaşık 4-12 katı daha fazladır. Doğal beslenme ve diyet yolu ile nitrat alımının da hem sedanterler de hem de sporcu popülasyonlarında teşvik edilmesi gerekmektedir (Clifford ve ark., 2016; Mensinga ve ark., 2003; Wylie ve ark., 2016).

Sporcu olmayan popülasyonlarda, farklı ergojenik desteklerin yanı sıra (Çetin ve ark, 2008; Dolek ve Bosi, 2019) pancar suyunun da etkisinin olumlu olabileceğine dair çalışmalar da mevcuttur. Sedanter bireylerdeki bulgular pancar suyu şeklinde alınan diyet NO³⁻ alımının genel sağlık üzerine pozitif etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Pancar suyu tüketiminin nitrit ile ilişkili NO sinyalinin arttırdığı, ayrıca hipoksik bölgelerde artmış periferik doku oksijenasyonu ve periferik arter hastalığı olan bireylerde artmış egzersiz toleransı ile sonuçlandığı görülmüştür (Kenjale ve ark., 2011). Bunun yanında tıbbi alanda yapılan çalışmalara bakıldığında, korunmuş ejeksiyon fraksiyonlu kalp yetmezliği (HFpEF) olan hastalar ve plasebo hastalar gurubu üzerine tek bir akut BR dozundan (12.9-mmol) sonra, azalmış sistemik vasküler direnç ve aortik augmentasyon indeksinin plaseboya göre azaldığını, ancak egzersiz etkinliğinde (toplam çalışma / toplam oksijen tüketimi) herhangi bir artışın olmadığını gözlemlemişlerdir (Zamani ve ark., 2015).

Pancar suyu takviyesinin hem sporcular hem de sedanterler için aerobik egzersiz performansını arttırmakta yararlı olabileceği görülmekle birlikte, pancar suyunun direnç egzersizi ve kuvvet performansına etkisi konusunda netlik sağlanamadığı da görülmektedir (Ormsbee ve ark., 2013).

KAYNAKLAR

- Alvares, T.S., Meirelles, C.M., Bhambhani, Y.N. (2011). L-Arginine as a potential ergogenic aid in healthy subjects. *Sports Med*, 41, 233-248.
- Appel, L.J., Moore, T.J., Obarzanek, E., (1997). A clinical trial of the effects of dietary patterns on blood pressure. DASH collaborative research group. *New England Journal of Medicine*, 336, 1117-1124
- Arnold, J.T., Oliver, S.J., Lewis-Jones, T.M. (2015). Beetroot juice does not enhance altitude running performance in well-trained athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(6), 590-595.
- Aucouturier, J., Boissiere, J., Pawlak-Chaouch, M., Cuvelier, G., Gamelin, F. X. (2015). Effect of dietary nitrate supplementation on tolerance to supramaximal intensity intermittent exercise. *Nitric Oxide-Biol Ch*, 49, 16-25. doi:10.1016/j.niox.2015.05.004
- Bailey, S.J., Fulford, J., Vanhatalo, A. (2010). Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. *J Appl Physiol*, 109(1):135–148
- Bailey, S.J., Winyard, P., Vanhatalo, A. (2010). Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol*, 109 (5): 1394-403
- Bangsbo, J., Krstrup, P., Gonzalez-Alonso, J., Saltin, B. (2001). ATP production and efficiency of human skeletal muscle during intense exercise: effect of previous exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 280, 956–964.
- Besco, R., Sureda, A., Tur, J. A., Pons, A. (2012). The effect of nitric-oxide-related supplements on human performance. *Sports medicine*, 42(2), 99-117.
- Bescos, R., Gonzalez-Haro, C., Pujol, P. (2009). Effects of dietary L-arginine intake on cardiorespiratory and metabolic adaptation in athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 19, 355-365.

- Bloomer, R.J., Farney, T.M., Trepanowski, J.F. (2010). Comparison of pre-workout nitric oxide stimulating dietary supplements on skeletal muscle oxygen saturation, bloodnitrate/nitrite, lipid peroxidation, and upper body exercise performance in resistance trained men. *J Int Soc Sports Nutr*; 7, 16.
- Bond, H., Morton, L., Braakhuis, A.J. (2012). Dietary nitrate supplementation improves rowing performance in well-trained rowers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.*, 22(4), 251–256.
- Boorsma, R.K., Whitfield, J., Spriet, L.L. (2014). Beetroot juice supplementation does not improve performance of elite 1500-m runners. *Med Sci Sports Exerc*, 46(12), 2326-34.
- Buck, C. L., Henry, T., Guelfi, K., Dawson, B., McNaughton, L. R., Wallman, K. (2015). Effects of sodium phosphate and beetroot juice supplementation on repeated-sprint ability in females. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 115(10), 2205-2213. doi:10.1007/s00421-015-3201-1
- Byran, N.S., Hord, N.G. (2010). Dietary Nitrates and nitrates in: Bryan N(ed), Food Nutrition and the Nitric Oxide pathway. Destech Pub Inc: Lancaster, PA, pp 59-77.
- Cai, Y.Z., Sun, M., Corke, H. (2005). Characterization and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae. *Trends in Food Science & Technology*, 16, 370–376.
- Cermak, N.M., Gibala, M.J., Van Loon, L.J. (2012). Nitrate supplementation’s improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 22(1), 64–71.
- Cermak, N.M., Res, P., Stinkens, R. (2012). No improvement in endurance performance after a single dose of beetroot juice. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 22(6), 470–478.
- Christensen, P.M., Nyberg, M., Bangsbo, J. (2013). Influence of nitrate supplementation on VO₂ kinetics and endurance of elite cyclists. *Scand J Med Sci Sports*, 23(1), 21–31.
- Clifford, T., Allerton, D. M., Brown, M. A. (2016). Minimal muscle damage after a marathon and no influence of beetroot juice on inflammation and recovery. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(3), 263-270.
- Çetin, E., Dölek, B.E., Orhan, Ö. (2008). Gazi üniversitesi beden eğitimi ve spor yüksekokulu öğrencilerinin ergojenik yardımcıları, doping ve sağlık hakkındaki bilgi ve alışkanlıklarının belirlenmesi. *Sportmetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 6(3), 129-132.
- Dejam, A., Hunter, C.J., Schechter, A.N. (2004). Emerging role of nitrite in human biology. *Blood Cells Mol Dis*, 32, 423–9.
- Dolek, B.E., Bosi, T.B. (2019). Examination of attitudes of sports science faculty students about energy drinks, sports drinks and ergogenic substances. *Journal of Education and Learning*, 8(5), 241-247.
- Duncan, C., Dougall, H., Johnston, P. (1995). Chemical generation of nitric oxide in the mouth from the enterosalivary circulation of dietary nitrate. *Nat Med*, 1, 546–51.
- Eggebeen, J., Kim-Shapiro, D. B., Haykowsky, M., Morgan, T. M., Basu, S., Brubaker, P., Kitzman, D. W. (2016). One week of daily dosing with beetroot juice improves submaximal endurance and blood pressure in older patients with heart failure and preserved ejection fraction. *JACC: Heart Failure*, 4(6), 428-437.
- Esatbeyoglu, T., Wagner, A. E., Schini-Kerth, V. B., Rimbach, G. (2015). Betanin A food colorant with biological activity. *Molecular Nutrition & Food Research*, 59, 36–47.
- Felippe, L.C., Lopes-Silva, J.P., Bertuzzi, R., McGinley, C., Lima-Silva, A.E. (2016). Separate and combined effects of caffeine and sodium-bicarbonate intake on judo performance. *Int J Sports Physiol Perform*, 11:221–6
- 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. *J. Am. Coll. Nutr.*, 35(2), 100-107. doi:10.1080/07315724.2015.1081572
- Gilchrist, M., Winyard, P.G., Benjamin, N. (2010). Dietary nitrate good or bad? *Nitric Oxide*, 22, 104–109.

- Govoni, M., Jansson, E.A., Weitzberg, E. (2008). The increase in plasma nitrite after a dietary nitrate load is markedly attenuated by an antibacterial mouthwash. *Nitric Oxide*, 19:333–7.
- Hernandez, A., Schiffer, T.A., Ivarsson, N. (2012). Dietary nitrate increases tetanic $[Ca^{2+}]_i$ and contractile force in mouse fasttwitch muscle. *J Physiol*, 590, 3575–3583
- 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.
- Hord, N.G., Tang, Y., Bryan, N.S. (2009). Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *American Journal of Clinical Nutrition*. 90, 1–10.
- Jones, A.M. (2014). Dietary Nitrate Supplementation and Exercise Performance. *Sports Med*, 44 (Supl 1), 35–45.
- Jones, A.M. (2016). Dietary Nitric Oxide Precursors And Exercise Performance. *Sports Science Exchange*, 28 (156), 1-6.
- Joyner, M.J., Tschakovsky, M.E. (2003). Nitric oxide and physiologic vasodilation in human limbs: where do we go from here? *Can J Appl Physiol*, 28, 475–490.
- Kelly, J., Vanhatalo, A., Wilkerson, D.P., Wylie, L.J., Jones, A.M. (2013). Effects of nitrate on the power-duration relationship for severe-intensity exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 45(9), 1798–1806.
- Kenjale, A.A., Ham, K.L., Stabler T. (2011). Dietary nitrate supplementation enhances exercise performance in peripheral arterial disease. *J Appl Physiol*, 110, 1582–1591.
- Kilit, B., Arslan, E. (2017). Physiological responses and time-motion characteristics of young tennis players: comparison of serve vs. return games and winners vs. losers matches. *International Journal of Performance Analysis in Sport* 17(5):684-694.
- Kilit, B., Arslan, E. (2019). Effects of High-Intensity Interval Training Vs. On-Court Tennis Training in Young Tennis Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(1), 188-196.
- Kindig, C.A., McDonough, P., Erickson, H.H., et al. (2002). Nitric oxide synthase inhibition speeds oxygen uptake kinetics in horses during moderate domain running. *Respir Physiol Neurobiol*, 132, 169–78.
- King, D.E., Mainous, A.G., Geesey, M.E. (2008). Variation in L-arginine intake follow demographics and lifestyle factors that may impact cardiovascular disease risk. *Nutr Res*, 28 (1), 21-4
- Koppo, K., Taes, Y.E., Pottier, A. (2009). Dietary argininesupplementation speeds pulmonary VO₂ kineticsduring cycle exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 41 (8):1626-32.
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T. (2003). The Yo–Yo intermittent recovery test: physiological response, reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc*, 35, 697–705
- Lacerda, A.C.R., Marubayashi, U., Balthazar, C.H. (2006). Evidence that brain nitric oxide inhibition increases metabolic cost of exercise, reducing running performance in rats. *Neurosci Lett*, 393, 260–3.
- Lane, S. C., Hawley, J. A., Desbrow, B., Jones, A. M., Blackwell, J. R., Ross, M. L., Burke, L. M. (2013). Single and combined effects of beetroot juice and caffeine supplementation on cycling time trial performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(9), 1050-1057.
- Lansley, K.E., Winyard, P.G., Bailey, S.J. (2011). Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. *Med Sci Sports Exerc*. 43(6), 1125–1131
- Lansley, K.E., Winyard, P.G., Fulford, J. (2011). Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study. *J Appl Physiol*, 110(3), 591–600.

- Lundberg, J.O., Govoni, M. (2004). Inorganic nitrate is a possible source for systemic generation of nitric oxide. *Free Radic Biol Med*, 37, 395–400.
- Lundberg, J.O., Weitzberg, E. (2009). NO generation from inorganic nitrate and nitrite: Role in physiology, nutrition and therapeutics. *Arch. Pharm. Res*, 32, 1119-1126.
- Lundberg, J.O., Weitzberg, E., Lundberg, J.M., Alving, K. (1994). Intra-gastric nitric oxide production in humans: measurements in expelled air. *Gut* 35, 1543-1546.
- Masschelein, E., VanThienen, R., Wang, X. (2012). Dietary nitrate improves muscle but not cerebral oxygenation status during exercise in hypoxia. *J Appl Physiol* 113(5), 736–745.
- Mensinga, T.T., Speijers, G.J., Meulenbelt, J. (2003). Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds. *Toxicol. Rev.*, 22(1), 41-51.
- Modin, A., Bjorne, H., Herulf, M. (2001). Nitrite-derived nitric oxide: a possible mediator of ‘acidic-metabolic’ vasodilation. *Acta Physiol Scand*, 171, 9–16.
- Mohr, M., Krstrup, P., Bangsbo, J. (2003). Match performance of high standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*, 21, 519–528
- Moncada, S., Higgs, A. (1993). The L-arginine-nitric oxide pathway. *N. Engl. J. Med*, 329, 2002-2012.
- 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. *J. Strength Cond. Res.*, 30(12), 3520-3524. doi:10.1519/JSC.0000000000001437.
- Muggeridge, D.J, Howe, C.C, Spendiff, O. (2013). The effects of a single dose of concentrated beetroot juice on performance in trained flatwater kayakers. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 23(5), 498-506.
- Muggeridge, D., Howe, C.C., Spendiff, O. (2014). A single dose of beetroot juice enhances cycling performance in simulated altitude. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(1), 143-150.
- Nicholas, F.M., Michael, D.L., Toby, G.P. (2017). The Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Endurance Exercise Performance in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*, 47, 735–756.
- Ormsbee, M. J., Lox, J., Arciero, P. J. (2013). Beetroot juice and exercise performance. *Nutrition and Dietary Supplements*, 5, 27-35.
- Pinna, M., Roberto, S., Milia, R, et al. (2014): Effect of beetroot juice supplementation on aerobic response during swimming. *Nutrients*, 6(2), 605-615.
- Ravichandran, K., Saw, N. M. M. T., Mohdaly, A. A., Gabr, A. M., Kastell, A., Riedel, H., Cai, Z., Knorr, D., Smetanska, I. (2013). Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. *Food Research International*, 50, 670–675.
- Richardson, R.S., Noyszewski, E.A., Kendrick, K.F. (1995). Myoglobin O₂ desaturation during exercise. Evidence of limited O₂ transport. *J Clin Invest*, 96, 1916–26.
- Santamaria, P. (2006). Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *J Sci Food Agric*, 86(1), 10–7.
- Schmidt, H.H., Nau, H., Wittfoht, W. (1988). Arginine is a physiological precursor of endothelium-derived nitric oxide. *Eur J Pharmacol*, 154 (2), 213-6
- Shen, W., Xu, X., Ochoa, M. (1994). Role of NO in the regulation of oxygen consumption in conscious dogs. *Circ Res.*, 75, 1086–95.

- Sonkaew, P., Sane, A., Suppakul, P. (2012). Antioxidant activities of curcumin and ascorbyl dipalmitate nanoparticles and their activities after incorporation into cellulose-based packaging films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 5388–5399.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities. *Sports Med*, 35, 1025–44.
- Spiegelhalder, B., Eisenbrand, G., Preussmann, R. (1976). Influence of dietary nitrate on nitrite content of human saliva: possible relevance to in vivo formation of N-nitroso compounds. *Food Cosmet Toxicol*, 14, 545–8.
- Stamler, J.S., Meissner, G. (2001). Physiology of nitric oxide in skeletal muscle. *Physiol. Rev.*, 81, 209-237.
- Thompson, C., Wylie, L. J., Fulford, J., Kelly, J., Black, M. I., McDonagh, S. T. J., Jones, A. M. (2015). Dietary nitrate improves sprint performance and cognitive function during prolonged intermittent exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 115(9), 1825-1834. doi:10.1007/s00421-015-3166-0
- Tongnuanchan, P., Benjakul, S., Prodpran, T. (2012). Properties and antioxidant activity of fish skin gelatin film incorporated with citrus essential oils. *Food Chemistry*, 134, 1571–1579.
- O'Donoghue, P., Ingram, B. (2001). A notational analysis of elite tennis strategy. *J Sport Sci*, 19, 107–15.
- Vanhatalo, A., Fulford, J., Bailey, S.J. (2011). Dietary nitrate reduces muscle metabolic perturbation and improves exercise tolerance in hypoxia. *J Physiol*, 589 (Pt 22): 5517–5528.
- Webb, A.J., Loukogeorgakis, S., Okorie, M. (2008). Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. *Hypertension*, 51, 784-90
- Wettasinghe, M., Bolling, B., Plhak, L., Xiao, H. Parkin, K. (2002). Phase II enzymeinducing and antioxidant activities of beetroot (*Beta vulgaris* L.) extracts from phenotypes of different pigmentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6704–6709.
- Wilkerson, D.P., Hayward, G.M., Bailey, S.J., et al (2012). Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol*, 112(12), 4127–4134.
- Wootton-Beard, P. C., Ryan, L. (2011). A beetroot juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants. *Journal of Functional Foods*, 3, 329–334.
- Wu, J., Chen, S., Ge, S., Miao, J., Li, J., Zhang, Q. (2013). Preparation, properties and antioxidant activity of an active film from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) skin gelatin incorporated with green tea extract. *Food Hydrocolloids*, 32, 42–51.
- Wylie, L.J., Kelly, J., Bailey, S.J. (2013). Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. *J Appl Physiol*, 115(3):325–336.
- Wylie, L.J., Mohr, M., Krstrup, P. (2013). Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance. *European journal of applied physiology*, 113(7), 1673-1684.
- 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. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 116(2), 415-425. doi:10.1007/s00421-015-3296-4
- Zamani, P., Rawat, D., Shiva-Kumar, P. (2015). Effect of inorganic nitrate on exercise capacity in heart failure with preserved ejection fraction. *Circulation*, 131, 371-80.