

İskemik Önkoşullamanın Sporcu Performansına Etkisi Derleme Çalışması

Selin BİÇER BAIKOĞLU^{1*}

¹*İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Spor Bilimleri Fakültesi, <https://orcid.org/0000-0002-6036-8945>*

Derleme

Gönderi Tarihi: 10.05.2019

Kabul Tarihi: 21.06.2019

DOI: 10.30769/usbd.562669

Online Yayın Tarihi: 30.06.2019

Öz

Sporcuların egzersiz performanslarını arttırmaya yönelik çok sayıda bilimsel uygulama, veri ve öneriler ileri sürülmesine rağmen son zamanlarda bu konuda yapılan araştırmalar arasında en merak uyandıran olanı İskemik Önkoşullama (İÖK). Bir veya birden daha fazla kısa süreli olan iskemik periyotlarından sonra ileriki dönemlerde daha uzun süreli gerçekleşecek olan iskemik periyotlara karşı hücre, doku veya organı koruyan mekanizmaya İskemik önkoşullama denilmektedir. Yapılmış olan birçok çalışmada iskemik önkoşullamanın sporcularda laboratuvar ortamında kas gücü ve kinematiği ile ilişkisinin etkileri ortaya konulmaya çalışılmasına rağmen, akut etkileri konusunda farklı bulgu ve sonuçlar ortaya konmuştur. Bu doğrultuda çalışmamızın amacı İÖK' nın egzersiz kapasitesi ya da egzersiz performansı üzerine sağladığı katkıyı ve oluşabilecek fizyolojik tepkileri inceleyen çalışmaların bir bütün halinde toplanarak özetlenmesidir. Ayrıca İÖK'nın gelecekteki spor uygulamalarındaki kullanımına yönelik çalışmalar için tavsiyelerde bulunmaktır.

Anahtar kelimeler: İskemi, reperfüzyon, iskemik önkoşullama, egzersiz, performans.

The Effect of Ischemic Preconditioning on Athletes Performance A Meta-Analysis

Abstract

Although a large number of scientific practices, data and recommendations for increasing athletes' exercise performances have been put forth in recent years, the most gripping one among them has been about Ischemic Preconditioning. Ischemic Preconditioning refers to the mechanism that protects cells, tissues or organs against ischemic periods that first occur in the short-term, and then continue to occur in the long-term ischemic periods. Although current studies have attempted to reveal the effects of relationships between ischemic preconditioning and athletes' muscle force and kinematic in laboratory settings, different findings and results have been found in terms of its acute effects. The aim of the study is to summarize all the research and studies that have examined the contributions of IPC on exercise capacity or performances, and the possible physiological reactions. Additionally, implications are made about the use of IPC in sports in the future.

Keywords: Ischemia, reperfusion, ischemic preconditioning, exercise, performances.

* **Sorumlu Yazar:** Selin BAIKOĞLU (selinbaikoglu@gmail.com)

GİRİŞ

Sporcuların egzersiz performanslarını arttırmaya yönelik çok sayıda bilimsel uygulama, veri ve öneriler ileri sürülmesine rağmen son zamanlarda bu konuda yapılan araştırmalar arasında en merak uyandıran olanı İskemik Önkoşullama (İÖK). Kısa bir zaman dilimi içerisinde gerçekleşen iskemi-reperfüzyon (İ/R) ataklarının sonrasında, miyokardiyumu, daha sonraki asıl gerçekleşecek olan İ/R hasarına karşı dayanıklı hale getirdiği ve koruyucu etkisinin olduğu görülmüştür ve “İskemik Önkoşullama” olarak adlandırılmıştır (Murry ark., 1986). İlk olarak 1986 yılında Murry tarafından köpek myokardı üzerindeki koruyucu etkisiyle keşfedildikten sonra bilim adamlarının dikkatini çekmeyi başarmış bir olgudur.

İskemik Önkoşullama kalp krizi ya da perioperatif süreçler gibi özellikle organların zarar görmesine ve organlarda hücresel hasara karşı korumak için yapılan çalışmaların derinliği artmıştır. İlk çalışmalar kalp dokusu üzerinde yapıldıktan sonra İÖK'nın hücre düzeyindeki mekanizması ve koruyucu etkisi farklı doku tiplerinde de araştırılmaya başlanmıştır (Hutter ark., 1994). Neely ve Keith kedi akciğeri üzerinde olumlu etkisinin olduğu geri bildiriminde bulunmuşlardır (Neely ve Keith, 1995). Ayrıca farklı çalışmalarda transplate böbrekte (Redaelli ark., 2002) ve karaciğerde (Fernandez ark., 2003) de koruyucu bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Kimura ark., (2007) tekrarlı iskemik önkoşullama uygulamasının nitrik oksitteki artış ile arteriyal endotelial fonksiyonun arttığını bildirmişlerdir (Kimura vd., 2007). İskemik önkoşullamanın mekanizması hücresel düzeyde tam olarak bilinmesede, protein kinaz C aktivasyonu, adenosin reseptör uyarılması ve ATP' ye bağımlı potasyum kanallarının aktive olmasında önemli etkisi olduğu düşünülmektedir (Baines ark., 1997).

Bu bulgulara dayanarak, İÖK egzersiz kapasitesi ve performansını geliştirmek için yeni bir müdahale yöntemi olarak spor bilimcilerin ilgisini uyandırmıştır (De Groot ark., 2010; Jean-St ark., 2011). Bu yöntem pahalı olmadığı ve kolaylıkla uygulanabilir olduğu için, egzersiz performansını arttırmak, müsabaka ve yarışlarda avantaj sağlamak isteyen sporcular için ilgi çekici bir yöntem olarak uygulanmaya çalışılmaktadır (Clevidence ark., 2012; Foster ark., 2011; Jean-St ark., 2011). Yapılmış olan birçok çalışmada iskemik önkoşullamanın sporcularda laboratuvar ortamında kas gücü ve kinematığı ile ilişkisinin etkileri ortaya konulmaya çalışılmasına rağmen, akut etkileri konusunda farklı bulgu ve sonuçlar ortaya konmuştur.

İskemik Önkoşullama ve Egzersiz Performansını Etkileyen Değişkenler

Yakın zamanda yapılan birçok çalışmada incelenen İÖK'nın egzersiz performansı ve kapasitesini olumlu ve olumsuz yönde etkileyen değişkenlerin olduğu gözlenmiştir (Kjeld ark., 2014; Cruz ark., 2015; Hittinger ark., 2015; Paixa ~O ark., 2014). Bu değişkenler yaş, cinsiyet, kondisyon durumu, egzersizin yoğunluğu ve türü, uygulanan İÖK protokolü, ayrıca iskemi/reperfüzyon siklus sayısı, uygulanan bölgeler, iskemi/reperfüzyonun uygulandığı kas kitlelerindeki farklılıklar, iskemik önkoşullama sonrası egzersize başlama optimal zaman aralığı gibi. Bütün bu değişkenleri göz önünde bulundurduğumuzda, İÖK uygulamasının en iyi yöntemi tam olarak bilinmemektedir.

İskemik Önkoşullama ve Spor Biliminde Uygulanışı

Literatürleri incelediğimizde, iskemik önkoşullamanın egzersiz kapasitesi ya da performansı üzerindeki etkilerini araştıran 26 çalışmanın ayrı ayrı incelenmesi sonucunda çalışma sürecine dahil edilmişlerdir. Genellikle İÖK protokolleri, 220 mmHg yada sistolik kan basıncı üzerinde +15,+20,+40,+50 mmHg basınç seviyesinde 5 dakikalık döngüsel oklüzyonun iki, üç ya da dört döngüsünü kapsamış ve bu süreci 5 dakikalık bir reperfüzyon süresi takip etmiştir. Manşon basıncına bağlı nöromusküler hasarın olmaması için olabildiğince geniş olan manşon tercih edilmiştir ve arteriyel kan akımını kesen minimum basınç kullanılmıştır (Moore ark., 1987; Ochoa ark., 1972). Ayrıca çalışma öncesinde katılımcılar tarafından kafein, alkol, sigara ve ergonejik yardım vb. gibi maddelerin alınmaması ve herhangi bir sportif faaliyette bulunmamaları istenmiştir (Gibson ark., 2013; Gibson ark., 2015)

Tablo 1. İskemik önkoşullamanın spor bilimlerinde uygulanış protokolleri

Protokollerin Uygulanışı
1. Turnike basıncı sistolik kan basıncından +15,+20,+40,+50 mmHg yada 220 mmHg üstünde basınç seviyesi
2. 2,3,4 yada 5 sefer 5 dakikalık oklüzyon ve reperfüzyon döngüsü
3. Çift ya da tek taraflı olmak üzere üst kol ya da bacak bölgesi
4. Testler öncesi kafein, alkol, ergonejik yardım gibi maddelerin kullanılmaması

İskemik Önkoşullama Uygulamasında Popülasyonunun Belirlenmesi

Geçmişte yapılan iskemik önkoşullamanın egzersiz performansı üzerine etkisini araştıran 26 makalede çalışmalara katılımı sağlanan denek grupları iki şekilde oluşturulmuştur. 15 çalışmada (Bailey ark., 2012; Baines ark., 1997; Cruz et al., 2015; Ferreira ark., 2016; Gibson ark., 2013; Gibson ark., 2015; Gürses ark., 2018; Jean-St ark., 2011, Lalonde ve Curnier, 2015; Marocolo ark., 2015; Marocolo ark., 2016; Patterson ark., 2015; Paixa ~O ark., 2014; Tanaka ark., 2016; Tocco ark., 2015) denek grubunun yanında kontrol grubu da kullanılırken, 11 çalışmada (Baikoğlu ve Kaldırmacı, 2019; Clevidence ark., 2012; Crisafulli ark., 2011; De Groot ark., 2010; El Messaoudi ark., 2013; Foster ark., 2011; Hittinger ark., 2015; Jones ark., 2015; Kido ark., 2015; Kjeld ark., 2014; Paradis-Deschênes ark., 2017) denek grupları ile randomize şekilde çalışıldığı görülmüştür. 26 çalışmanın toplamında 405 denek (312 erkek, 93 kadın) kullanılmıştır. Ayrıca incelemeye aldığımız 26 çalışmanın oluşturulan denek gruplarına bakıldığında 13 çalışmada (Clevidence ark., 2012; Cruz ark., 2015; Foster ark., 2011; Gibson ark., 2015; Gürses ark., 2018; Hittinger ark., 2015; Jean-St ark., 2011; Kjeld ark., 2014; Morocolo ark., 2016; Paixa ~O ark., 2014; Paradis-Deschênes ark., 2017; Patterson ark., 2015; Tocco ark., 2015) amatör ve profesyonel sporcular (yüzücüler, maratoncular, badmintoncular, bisikletçiler vb.), 13 çalışmada ise (Baikoğlu ve Kaldırmacı, 2019; Bailey ark., 2012; Barbosa ark., 2015; El Messaoudi ark., 2013; Jones ark., 2015; Kido ark., 2015; Lalonde & Curnier, 2015; Morocolo ark., 2015; Tanaka ark., 2016; Gibson ark., 2013; De Groot ark., 2010; Crisafulli ark., 2011; Ferreira ark., 2016) gönüllü olan sağlıklı sedanter bireylerden seçilmiştir. İskemik önkoşullamanın performans üzerine etkisini incelerken uygulanan performans test

sonuçlarının popülasyon farklılıklarından ötürü değişkenlik gösterebileceği de düşünülmektedir.

İSKEMİK ÖNKOŞULLAMANIN UYGULANDIĞI BÖLGELER

İskemik önkoşullama ile egzersiz performansı arasındaki ilişkiyi inceleyen daha önceki çalışmaların çoğunda, İÖK protokolünde uygulama alanı olarak farklı bölgeler tercih edilmiştir. Literatür taramalarının sonucu olarak 6 çalışmada (El Messaoudi ark., 2013; Jean-St ark., 2011; Jones ark., 2015; Kjeld ark., 2014; Lalonde & Curnier, 2015; Morocolo ark., 2015) bilateral yada unilateral üst kol, 14 çalışmada (Baikoglu ve Kaldırımcı, 2019; Bailey ark., 2012; Barbosa ark., 2015; Crisafulli ark., 2011; Cruz ark., 2015; De Groot ark., 2010; Ferreira ark., 2016; Gürses ark., 2018; Hittinger ark., 2015; Kido ark., 2015; Paixa ~O ark., 2014; Patterson ark., 2015; Tanaka ark., 2016; Tocco ark., 2015) bilateral üst bacak ve 6 çalışmada ise (Clevidence ark., 2012; Ferreira ark., 2016; Foster ark., 2011; Gibson ark., 2013; Gibson ark., 2015; Morocolo ark., 2016) unilateral üst bacak bölgelerinde uygulama yapılmıştır. İlk yapılan çalışmalarda küçük kas gruplarında kısa süreli iskemiler yaratılarak yapılmış olmasına rağmen, daha sonraları daha büyük kas kitleleri içeren uzun süreli çok tekrarlı çalışmalar uygulanmaya başlanmıştır.

İSKEMİK ÖNKOŞULLAMANIN ÜST EKSTREMİTEYE UYGULANMASI

Konuyla ilişkili olarak ilk etapta küçük kas kitlelerinin dahil edildiği çalışmaları incelenmiştir. Jean-St ark., (2011) gerçekleştirdiği çalışmada yüzücülerde tek kolla yaptıkları iskemi-reperfüzyon uygulaması sonrasında, 1. denek grubu (9 erkek ve 9 kadın yüzücü) 100 m. yüzme testine ve 2. denek grubu ise (8 erkek ve 8 kadın elit yüzücü) 200 m. interval yüzme testine tabii tutulmuştur. Çalışma sonucu olarak yüzücülerin kişisel performanslarında istatistiksel olarak anlamlı denebilecek artışların olduğu rapor edilmiştir (Jean-St vd., 2011). Küçük kas gruplarını içeren başka bir iskemi çalışmasında ise, 20 erkek ve 5 kadın dalgıcın katılımıyla yapılmış olan tek taraflı üst kolda iskemi uygulamasının sonucu olarak yüzme mesafesinde artma sağlandığı ayrıca 1-km kürek çekme süresini ve statik nefes tutma süresini uzattığını ortaya konulmuştur (Kjeld ark., 2014). Morocolo ark., (2015) İÖK uygulamasını denek grubunun yanında kontrol grubuyla karşılaştırarak yaptıkları çalışmada 100 m. yüzme sprint süresini geliştirdiğini, fakat kontrol ve denek grupları arasında hiçbir farkın gözlemlenmediğini bildirmişlerdir. Bu da İÖK ile sprint süresinde görülen bir iyileşmenin, sadece bir placebo etkisi olabileceği şeklinde düşündürmüştür (Morocolo ark., 2015).

Diğer çalışmaların sonuçlarından farklı olarak kolların dahil edildiği bir diğer çalışmada 6x6 saniyelik yapılan wingate test sonuçlarına göre iskemi-reperfüzyon uygulamasının koldaki egzersiz performansını geliştirmediği belirtilmiştir (Lalonde ve Curnier, 2015). Bu çalışmaların sonucunu destekler şekilde El Messaoudi ark., (2013) yükleme şeklinde yaptıkları submaksimal bisiklet test sonuçlarının da performans üzerinde olumlu etkisinin olmadığını geri bildiriminde bulunmuşlardır (El Messaoudi ark., 2013).

Yapılan çalışmaların genelinde İÖK' nın egzersiz performansı üzerindeki akut etkileri incelenmiştir. İÖK' nın egzersiz performansı üzerindeki kronik etkisini inceleyen tek çalışmada ise Jones ark., (2015) 8 haftalık yaptıkları egzersiz periyodu boyunca, unilateral üst kolda düzenli ve rutin bir şekilde oluşturulan İÖK' nın, aerobik fitnessda olumlu gelişmeler yaratmadığını bildirmişlerdir. Yakın zamanda yapılan bu çalışma, tekrarlı İÖ'nin vasküler

fonksiyon üzerindeki etkilerine odaklandığı için, egzersiz performansına yönelik detaylı sonuçları değerlendirilmemiştir (Jones ark., 2015).

Tablo 2. İskemik önkoşullamanın üst ekstremiteye uygulanan çalışmalar

İncelenen Çalışmalar	Denek grubu	Uygulanan bölge	Performans üzerine etkisi
Jean-St vd., 2011	9 kadın, 9 erkek 100 m. yüzücü, 8 erkek, 8 kadın 200 m. elit yüzücü	Bilateral üst kol	Yüzme performansında artış
Kjeld vd., 2014	20 erkek, 5 kadın Dalgıç	Bilateral Üst Kol	Yüzme mesafesinde artış, 1-km kürek çekme süresi ve statik nefes tutma süresinde artış
Marocolo vd., 2015	15 erkek amatör yüzücü	Unilateral üst kol	Performans sabit
El Messaoudi vd., 2013	10 erkek,10 kadın sağlıklı katılımcı	Bilateral üst kol	Performans sabit
Lalonde & Curnier, (2015)	8 erkek, 9 kadın sağlıklı katılımcı	Bilateral Üst Kol	Zirve güç ve ortalama egzersiz performansı sabit
Jones vd., 2015	18 erkek sağlıklı katılımcı	Unilateral üst kol	Aerobik fitness performansı sabit

İSKEMİK ÖNKOŞULLAMANIN ALT EKSTREMİTEYE UYGULANMASI

Yapılan küçük kas kitlesinin dahil edildiği üst kol çalışmalarının haricinde alt ekstremitelerin tek taraflı şekilde dahil edildiği çalışmalara odaklanılmıştır. Foster ark., (2011) alt ekstremitede unilateral üst bacakta yaratılan iskeminin performans üzerine etkisini araştırmış ve olumlu bir etkinin gelişmediğini rapor etmişlerdir (Foster ark., 2011). Yapılmış olan bu çalışmayı benzer şekilde destekleyen başka bir çalışmada ise üst bacak femoral bölgede tek taraflı iskemi oluşturduktan sonra bisiklet testi uygulanmış, fakat aerobik ve anaerobik performansta olumlu bir etkinin oluşmadığı rapor edilmiştir (Clevidence ark., 2012). Gibson ark., (2015) ilk çalışmalarında 16 erkek ve 9 kadın sağlıklı katılımcıya tek taraflı uygulanan 3×5 dakika 220 mmHg basınçta döngüsel iskemi oluşturmuşlardır. Çalışma sonucu olarak İÖK' nın egzersiz performansına önemli bir etkisinin olmadığı geribildiriminde bulunmuşlardır. Bununla beraber, bayan katılımcılarda küçük ve olumsuz bir etki gözlemlendiğini bildirilmiştir (Gibson ark., 2013). Bunun üzerine daha sonraki yıllarda Gibson vd., 'nın gerçekleştirdikleri ikinci çalışmalarında takım sporlarında yer alan 16 sporcuda iskemik önkoşullamanın etkisini tekrardan araştırmışlardır. Test protokolü olarak 24 saniyelik dinlenmeler verilerek deneklere 5×6 saniye hızlı koşular yaptırmışlardır. Çalışma sonucunda pik tork ve toplam iş gücü değerlerinde değişiklik görülmediğini bildirmişlerdir (Gibson ark., 2015). Maracola ark., (2016) 13 erkek üzerinde yaptıkları farklı bir çalışmalarının sonucunda performans değerinde ve laktat seviyelerinde bir değişiklik olmadığını yorumlamışlardır (Marocolo ark., 2016).

Diğer çalışma sonuçlarına zıt bir şekilde Paris- Deschênes ark., (2017) güç artırıcı egzersizler yapan 8 erkek ve 9 kadın katılımcı ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında sürekli maksimal kontraksiyonlar (kasılmalar) esnasında performans, ve İÖK' ya vazodilatör (damar etkin) ve oksidatif tepkilerin cinsiyete göre etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada tek taraflı

sağ bacak uyluk bölgesine yerleştirilen manşon basıncı aracılığıyla İ/R döngüsü yaratarak test protokolünü oluşturmuşlar ve kontrol grubu ile karşılaştırmışlardır. Çalışmalarının sonucu olarak, kas gücünün erkeklerde kadınlardan daha fazla arttığı, dinlenik kan basıncı her iki cinsiyet için benzer oranda arttığı ve oksijen salınımının erkeklerde artarken kadınlarda bu etkinin azaldığını rapor etmişlerdir (Paradis-Deschênes ark., 2017).

Ortaya konulmuş olan bu farklı sonuçlar doğrultusunda iskeminin performans yönündeki etkisini araştırmak için daha büyük kas gruplarını iskemik önkoşullandırma sürecine dahil edilmesi gerekliliği ileri sürülmüştür. İlk olarak her iki alt ekstremitte femoral bölgesinde çalışma yapan De Groot ark., (2010) bacaklarda sırayla dönüşümlü olarak tekrarlayan iskemi/reperfüzyon döngüsünü gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonunda, maksimum tüketilen oksijen değerleri ve 1.6% lık bir maksimal güç çıkışında olumlu bir artış olduğunu ileri sürmüşlerdir (De Groot ark., 2010). Benzer bir yöntem kullanarak gerçekleştirilmiş olan başka bir araştırmada Crisafulli ark., (2011) deneklerin üst bacak femoral bölgesinde dönüşümlü olmak üzere iskemi oluşturmuş fakat araştırmanın sonucu olarak maksimum tüketilen oksijen değerinde artış olmazken maksimum yaptıkları iş yükünde artış sağladıklarını bildirmişlerdir (Crisafulli ark., 2011). Diğer yandan, günümüze yakın bir başka çalışmada ise araştırmacılar İÖK' nın 50 m. yüzme sprint performansını iyileştirdiğini fakat kan laktat seviyesinde pozitif yönde bir değişim olmadığı geri bildiriminde bulunmuşlardır (Ferreira ark., 2016). Bailey ark., (2012) İÖK' nın 5 km.'lik koşu bandı koşma süresini arttırdığını ve submaksimal koşu bandı koşulları boyunca kan-laktat birikmesinin azalttığını çalışmalarının sonucu olarak belirtmişlerdir (Bailey ark., 2012). Patterson ark., (2015) 14 erkek sporcuyla birlikte yaptıkları 6 tekrar 12 saniyelik sprint testinin sonucunda ortalama güç ve pik tork değerlerinde artış olduğunu tespit etmişler. Ayrıca İÖK ile egzersiz sonrası kan laktat değerlerinde hiçbir etki farklılığı görmemişlerdir (Patterson ark., 2015). Bilateral üst bacakta uygulanan farklı çalışmalarda iskeminin performansa etkisinin sonucunda egzersizi bırakma sürelerinde artışların olduğunu bildirmişlerdir (Cruz ark., 2015; Kido ark., 2015).

Barbosa ark., (2015) çalışmasında denek grubunun yanında kontrol grubu kullanarak bilateral üst bacakta iskemik önkoşullamanın egzersiz performansı üzerine etkisini araştırmışlardır. Bacaktaki uzak İÖK'nın ise %4 yoğunluklu (MVC) ritmik handgrip egzersizi boyunca, egzersizi bırakma süresini anlamlı derecede iyileştirdiğini göstermesine rağmen inceledikleri kan akışı, vasküler kondüktans gibi fizyolojik değişkenlerde anlamlı bir farklılık gözlemlenmemişlerdir (Barbosa ark., 2015). Yakın zamanda yapılan başka bir çalışma da İÖK'nın statik bacak ekstansiyonu egzersizi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda egzersizi bırakma süresinin, kontrol grubuyla kıyaslandığında, iskemi uygulanan denek grubunda egzersizi bırakma süresinin anlamlı düzeyde daha fazla olduğu geri bildiriminde bulunmuşlardır. Ayrıca, izometrik bacak ekstansiyonu boyunca EMG de hiçbir farklılık görülmemişlerdir (Tanaka ark., 2016).

Bilateral üst bacakta incelediğimiz çalışmaların iskemik önkoşullamanın fiziksel performansa olan olumlu etkisinin yanı sıra aksi yönde de geri bildirimler olmuştur. Paxio ~O ark., (2014) çalışmasında wingate testi boyunca, İÖK' nın zirve güç çıktısını ve total anaerobik güçte azalma olduğunu gözlemlenmişlerdir (Paixa ~O ark., 2014). Zirve güç parametresinde düşüşü destekleyen başka bir çalışmada Hittinger ark., (2015) 15 triatloncunun her iki bacağına üst

kısmına iskemi oluşturarak elde ettikleri veriler doğrultusunda anaerobik performansı iyileştirmediğini bir kez daha ortaya koymuşlardır. Tocco ark., (2015) randomize şekilde oluşturdukları denek ve sham grubuna uygulanan iskemi-reperfüzyon periyodunun ardından yapılan 5 km koşu test sonuçlarının koşu süresinde herhangi bir gelişme yaratmamış olmasının yanı sıra 5 km' lik koşu esnasında ortalama akciğer ventilasyonu üzerinde de hiçbir etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir. Ayrıca egzersiz sonrası kan-laktat değerinin anaerobik kapasitenin bir göstergesi olabileceği için incelemeye almışlar fakat hiçbir etki farklılığı gözlemlenmemişlerdir.

Ülkemizde yapılan çalışmalara yöneldiğimizde, Gürses ark., (2018) badmintoncularda İÖK'nın yaratacağı etkiyi incelemişler ve sporcuların performanslarında düşüş olduğunu bununla birlikte tekrarlar arası dinlenmede toparlanma üzerine de etkisi olmadığı geribildiriminde bulunmuşlardır. Baikoğlu ve Kaldırımcı (2019) çalışmasında farklı bir uygulama yöntemi kullanarak her iki üst bacakta aynı anda 5 dakikalık iskemi-reperfüzyon döngüsü gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonucu olarak, iskemi-reperfüzyon uygulamalarının anaerobik güç değerlerinde herhangi bir değişikliğe yol açmadığı gibi, ayrıca özellikle 3. dakika laktik asit değerlerinde anlamlı olmayan yükselmelere yol açmış olmasına rağmen bu etkinin zamansal seviyede çok belirgin artışa sebep olmadığını bildirmişlerdir.

Tablo 3. İskemik önkoşullamanın alt ekstremiteye uygulanan çalışmalar

İncelenen Çalışmalar	Uygulanan Denek Grubu	Uygulanan Bölge	Performans Üzerine Etkisi
Foster ve ark., 2011	6 erkek, 2 kadın 10 yıl deneyimli bisikletçi	Unilateral üst bacak	Performans sabit
Clevidence ve ark., 2012	27 erkek amatör bisikletçi	Unilateral üst bacak	Performans sabit
Gibson ve ark., 2013	16 erkek, 9 kadın sağlıklı katılımcı	Unilateral üst bacak	Zirve güç ve toplam iş gücü sabit
Gibson vd., 2015	7 erkek, 9 kadın takım sporcusu	Unilateral üst bacak	30 m. sprint süresi sabit
Marocolo vd., 2016	13 erkek sağlıklı katılımcı	Unilateral üst bacak	Performans ve LA seviyesi sabit
Paradis-Deschênes vd., 2017	8 erkek, 9 kadın sporcu	Unilateral üst bacak	Kas gücünde artış
De Groot ark., 2010	12 erkek, 3 kadın sağlıklı katılımcı	Bilateral üst bacak	VO _{2max} artış, W _{peak} artış
Crisafulli ark., 2011	17 erkek sağlıklı katılımcı	Bilateral üst bacak	VO _{2max} sabit, Max. iş yükünde artış
Ferreira ark., 2016	16 erkek, 14 kadın sağlıklı katılımcı	Bilateral üst bacak	Yüzme performansında artış, LA seviyesi sabit
Bailey ark., 2012	13 erkek sağlıklı katılımcı	Bilateral üst bacak	Koşma süresinde artış, LA seviyesinde düşme
Patterson ark., 2015	14 erkek sporcu	Bilateral üst bacak	Güç ve pik tork değerlerinde artış, LA seviyesi sabit
Cruz et at., 2015	12 erkek bisikletçi	Bilateral üst bacak	Egzersiz bırakma süresinde artış
Kido ark., 2015	15 erkek sağlıklı katılımcı	Bilateral üst bacak	Egzersiz bırakma süresinde artış
Barbosa ark., 2015	13 erkek sağlıklı katılımcı	Bilateral üst bacak	Egzersiz bırakma süresinde artış
Tanaka ark., 2016	12 erkek sağlıklı katılımcı	Bilateral üst bacak	Egzersiz bırakma süresinde artış
Paixa O ark., 2014	15 erkek bisikletçi	Bilateral üst bacak	Zirve güç ve toplam güç değerlerinde düşüş
Hittinger ark., 2015	15 erkek triatloncu	Bilateral üst bacak	Zirve güç değerinde düşüş
Tocco ark., 2015	11 erkek sporcu	Bilateral üst bacak	Koşu süresi sabit, LA seviyesi sabit
Gürses ark., 2018	16 erkek, 6 bayan badmintoncu	Bilateral üst bacak	Performans sabit
Baikoğlu ve Kaldırımcı, 2019	14 erkek sağlıklı katılımcı	Bilateral üst bacak	Performans sabit, LA seviyesi sabit

TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışmamızın amacı doğrultusunda İÖK' nın egzersiz kapasitesi ya da egzersiz performansı üzerine sağladığı katkıyı ve oluşabilecek fizyolojik tepkileri inceleyen çalışmaları bir bütün halinde toplamaya odaklandık. Yapılmış olan birçok çalışmada iskemik önkoşullamanın sporcularda laboratuvar ortamında kas gücü ve kinematiği ile ilişkisinin etkileri ortaya konulmaya çalışılmasına rağmen, akut etkileri konusunda farklı bulgu ve sonuçlar ortaya konulmuştur. İskemik önkoşullama yönteminde kasılma mekanizmalarında özellikle reperfüzyon sonrasında ortaya çıkan mekanizmalar ve bunların kas kuvveti üzerine olan etkileri üzerine çalışılmıştır. İncelediğimiz 26 çalışmanın 9 tanesinde İÖK'nın egzersiz performansı üzerinde istatistiksel yönden anlamlı faydalar sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Örneğin, performansta artış, ortalama güç ve pik tork değerlerinde artış, artan enerji çıkışı ya da algılanan eforda azalma gibi. Yine de bu pozitif bulgulara rağmen, 17 çalışmanın sonucu olarak da, İÖK' nın egzersiz performansı üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı raporlarla sunulmuştur. Tekrarlanan iskemi-reperfüzyon döngülerinin damar düzeni üzerinde faydalı etkilerinin olabileceğinin farkına varan araştırmacılar bu durumun egzersiz performansında da olumlu sonuçlanabileceğini düşünerek hareket etmişlerdir. Fakat yapılan çalışmaların sonuçlarına bakarak İskemik önkoşullamanın sporcuların gerek aerobik gerekse anaerobik egzersiz performansları üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için, daha kontrollü ve mekanizmaları test edebilen çalışmalara gereksinim olduğu yadsınmaz bir gerçektir. Genel olarak yapılan çalışmalara bakıldığında İÖK ile ilgili değişikliklerin daha doğru tespiti için yapılan çalışmalarda kullanılan denek seçimlerindeki çeşitliliğinde ve örneklem boyutlarında artış yapılması gerektiğide düşünülmektedir. Ayrıca sporcuların bireysel seviyelerine uygun olacak şekilde İÖK protokolleri ve egzersiz yöntemleri oluşturulmalıdır. Buna ek olarak, bireysel fitness seviyeleri ve geçmiş spor deneyimleri, bu faktörlerin İÖK' nın etkililiğinde rol oynayıp oynamadıklarını tespit etmek ve potansiyel İÖK' ya tepki veren ve vermeyen fenotipleri daha iyi anlamak için, doğrudan karşılaştırmaların yapılması gereklidir.

Gelecekteki İÖK çalışmaları çalışma sırasında fizyolojik mekanizmalara ait bilgileri artırıcı yönde olmalıdır. Performansı arttırmaya yönelik olacak İÖK protokolleri geliştirilmesi ve İÖK ile egzersizin başlaması arasında optimal zaman aralığının belirlenmesi gerekmektedir. İÖK'nın uygulanabilirliği konusunda pratik ve kolaylaştırıcı yöntemler tespit edilmesine odaklanılmalıdır. Ayrıca denek ve kontrol grubunun aynı anda işleme alındığı İÖK uygulamalarının da sonuç güvenilirliği açısından çalışma sayısının artırılması gerekmektedir. Genel olarak, mevcut kanıtlar değerlendirildiğinde sporcuların aerobik ve anaerobik olarak performanslarını arttırmada İÖK' nın uygulanabilirliği, ümit vericidir fakat daha fazla araştırmaya gereksinim olduğu da yadsınmaz bir gerçektir.

KAYNAKLAR

- Baikoglu, S. ve Kaldırımçı, M. (2019). Effect of ischemic pre-conditioning on lactate and anaerobic performance. *Acta Medica Mediterranea*, 35, 159-164.
- Bailey, T.G., Birk, G.K., Cable, N.T., Atkinson, G., Green, D.J., Jones, H. & Thijssen, D.H. (2012). Remote ischemic preconditioning prevents reduction in brachial artery flowmediated dilation after strenuous exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 303, 533–538.

- Baines, C.P., Goto, M. & Downey, J.M. (1997). Oxygen radicals released during ischemic preconditioning contribute to cardioprotection in the rabbit myocardium, *J Mol Cell Cardiol*, 29, 207-216.
- Barbosa, T.C., Machado, A.C., Braz, I.D., Fernandes, I.A., Vianna, L.C., Nobrega, A.C. & Silva, B.M. (2015). Remote ischemic preconditioning delays fatigue development during handgrip exercise. *Scand J Med Sci Sports*, 25, 356–364.
- Clevidence, M.W., Mowery, R.E. & Kushnick, M.R. (2012). The Effects of ischemic preconditioning on aerobic and anaerobic variables associated with submaximal cycling performance. *Eur J Appl Physiol*, 112, 3649-3654.
- Crisafulli, A., Tangianu, F., Tocco, T., Concu, A., Mameli, O., Mulliri, G. & Caria, M.A. (2011). Ischemic preconditioning of the muscles improves maximal exercise performance but not maximal oxygen uptake in humans. *J Appl Physiol*, 111, 530-536.
- Cruz, R.S., De Aguiar, R.A., Turnes, T., Pereira, K.L. & Caputo, F. (2015). Effects of ischemic preconditioning on maximal constant load cycling performance. *J Appl Physiol*, 119, 961–967.
- De Groot, P., Thijssen, D., Sanchez, M., Ellenkamp, R. & Hopman, M.T. (2010). Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans. *Eur J Appl Physiol*, 108, 141-146.
- El Messaoudi, S., Vissers, A., Thijssen, D., Riksen, N.P. & Rongen, G.A. (2013). The effect of remote ischemic preconditioning on exercise-induced plasma troponin i appearance in healthy volunteers. *Int J Cardiol*, 168, 1612–1613.
- Fernandez, L., Heredia, N., Peralta, C., Xaus, C., Rosello-Catafau, J., Rimola, A., Marco, A., Serafin, A., Deulofeu, R., Gelpi, E. & Grande, L. (2003). Role of ischemic preconditioning and the portosystemic shunt in the prevention of liver and lung damage after rat liver transplantation. *Transplantation*, 76, 282-289.
- Ferreira, T.N., Sabino-Carvalho, J.L., Lopes, T.R., Ribeiro, I.C., Succi, J.E., Da Silva, A.C. & Silva, B.M. (2016). Ischemic preconditioning and repeated sprint swimming: A Placebo and nocebo study. *Med Sci Sports Exerc*, 48, 1967-1975.
- Foster, G.P., Westerdahl, D.E., Foster, L.A., Hsu, J.V. & Anholm, J.D. (2011). Ischemic preconditioning of the lower extremity attenuates the normal hypoxic increase in pulmonary artery systolic pressure. *Respir Physiol Neurobiol*, 179, 248–253.
- Gibson, N., White, J., Neish, M. & Murray, A. (2013). Effect of ischemic preconditioning on land-based sprinting in team-sport athletes. *Int J Sports Physiol Perform*, 8, 671-676.
- Gibson, N., Mahony, B., Tracey, C., Fawcner, S. & Murray A. (2015). Effect of ischemic preconditioning on repeated sprint ability in team sport athletes. *J Sports Sci*, 33, 1182-1188.
- Gürses, V.V., Kerem, M., Akgül, M.Ş., Ceylan, B. ve Baydil, B. (2018). Badmintoncularda iskemik önkoşullamanın yüksek şiddetli interval performans ve toparlanma üzerine etkisinin incelenmesi. *Sporif Bakış: Spor ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 5, 20-32.
- Hittinger, E.A., Maher, J.L. & Nash, M.S. (2015). Ischemic preconditioning does not improve peak exercise capacity at sea level or simulated high altitude in trained male cyclists. *Appl Physiol Nutr Metab*, 40, 65–71.
- Hutter, M.M., Sievers, R.E., Barbosa, V. & Wolfe, C.L. (1994). Heatshock protein induction in rat hearts. a direct correlation between the amount of heat-shock protein induced and the degree of myocardial protection. *Circulation*, 89, 355-360.
- Jean-St, E., Manlhiot, C., Li, J., Tropak, M., Michelsen, M.M., Schmidt, M.R., Mccrindle, B.W., Wells, G.D. & Redington, A.N. (2011). Remote preconditioning improves maximal performance in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 43, 1280–1286.

- Jones, H., Nyakayiru, J., Bailey, T.G., Green, D.J., Cable, N.T., Sprung, V.S., Hopkins, N.D. & Thijssen, D.H. (2015). Impact of Eight Weeks of Repeated Ischaemic Preconditioning on Brachial Artery and Cutaneous Microcirculatory Function in Healthy Males. *Eur J Prev Cardiol*, 22, 1083–1087.
- Kido, K., Suga, T., Tanaka, D., Honjo, T., Homma, T., Fujita, S., Hamaoka, T. & Isaka, T. (2015). Ischemic preconditioning accelerates muscle deoxygenation dynamics and enhances exercise endurance during the work-to-work test. *Physiol Rep*, 3, 12-39.
- Kimura, M., Ueda, K., Goto, C., Jitsuiki, D., Umemura, T., Noma, K., Yoshizumi, M., Chayama, K. & Higashi, Y. (2007). Repetition of ischemic preconditioning augments endothelium-dependent vasodilation in humans: role of endothelium-derived nitric oxide and endothelial progenitor cells. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 27, 1403–1410.
- Kjeld, T., Rasmussen, M.R., Jattu, T., Nielsen, H.B. & Secher, N.H. (2014). Ischemic preconditioning of one forearm enhances static and dynamic apnea. *Med Sci Sports Exerc*, 46, 151–155.
- Lalonde, F. & Curnier, D.Y., (2015). Can anaerobic performance be improved by remote ischemic preconditioning?. *J Strength Cond Res*, 29, 80–85.
- Marocolo, M., da Mota, G.R., Pelegrini, V. & Appell Coriolano, H.J. (2015). Are the beneficial effects of ischemic preconditioning on performance partly a placebo effect? *Int J Sports Med*, 36, 822–825.
- Marocolo, M., Willardson, J.M., Marocolo, I.C., da Mota, G.R., Simao, R. & Maior, A.S. (2016). Ischemic preconditioning and placebo intervention improves resistance exercise performance. *J Strength Cond Res*, 30, 1462-1469.
- Moore, M.R., Garfin, S.R. & Hargens, A.R. (1987). Wide tourniquets eliminate blood flow at low inflation pressures. *J Hand Surg Am*, 12, 1006-1011.
- Murry, C.E., Jennings, R.B. & Reiber, K.A. (1986). Preconditioning With Ischemia: A Delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. *Circulation*, 74, 1124-1136.
- Neely, C.F. & Keith, I.M. (1995). A1 Adenosine receptor antagonists block ischemia reperfusion injury of the lung. *Am J Physiol*, 268, 1036-1046.
- Ochoa, J., Fowler, J.T. & Gilliat, W.T. (1972). Anatomical changes in peripheral nerves compressed by a pneumatic tourniquet. *J Anat*, 113, 433-455.
- Paixa ~O, R.C., da Mota, G.R. & Marocolo, M. (2014). Acute effect of ischemic preconditioning is detrimental to anaerobic performance in cyclists. *Int J Sports Med*, 35, 912–915.
- Paradis-Deschênes, P., Joanisse, D.R. & Billaut, F. (2017). Sex-specific impact of ischemic preconditioning on tissue oxygenation and maximal concentric force. *Front Physiol*, 7, 674-682.
- Patterson, S.D., Bezodis, N.E., Glaister, M. & Pattison, J.R. (2015). The Effect of ischemic preconditioning on repeated sprint cycling performance. *Med Sci Sports Exerc*, 47, 1652–1658.
- Redaelli, C.A., Tien, Y.H., Kubulus, D., Mazzucchelli, L., Schiling, M.K. & Wagner, A.C.C. (2002). Hyperthermia preconditioning induces renal heat shock protein expression, improves cold ischemia tolerance, kidney graft function and survival in Rats. *Nephron*, 90, 489-497.
- Tanaka, D., Suga, T., Tanaka, T., Kido, K., Honjo, T., Fujita, S., Hamaoka, T. & Isaka, T. (2016). Ischemic preconditioning enhances muscle endurance during sustained isometric exercise. *Int J Sports Med*, 37, 614-618.
- Tocco, F., Marongiu, E., Ghiani, G., Sanna, I., Palazzolo, G., Olla, S., Pusceddu, M., Sanna, P., Corona, F., Concu, A. & Crisafulli, A. (2015). Muscle ischemic preconditioning does not improve performance during self-paced exercise. *Int J Sports Med*, 36, 9–15.