

Bölüm 18

SPORTİF BAŞARI İÇİN SOLUNUM KASI UYGULAMALARI

Muhammet Hakan MAYDA¹

Sağlıklı yetişkinlerde solunum kasları, toplam kalp debisinin ve oksijen tüketiminin %10'una kadarını, elit sporcularda ise %15'ine kadarını kullanabilmektedir (McConnell, 2011). Bu solunum iş yükü nedeniyle hem merkezi hem de periferik olarak egzersize bağlı solunum kas yorgunluğu ortaya çıkmaktadır. Egzersize bağlı solunum kas yorgunluğunun gelişmesinin hem lokomotor kan akışı, hem de egzersiz toleransı üzerinde önemli etkileri olabilmektedir. %60 MİP'de (maksimal inspiratuar basınç) inspiratuar dirençli yüklemenin ortaya çıkardığı yorucu diyafram ve karın kas kasılmaları, peroneal sinirden ölçülen lokomotor kas sinir aktivitesini artırdığı tespit edilmiştir (Derchak ve ark., 2002; St Croix ve ark., 2000). Yorucu inspiratuar kas yükü, ekstremiteler damar direncinin artmasına ikincil olarak ekstremiteler kan akışında zamana bağlı bir azalmaya (damar iletkenliğinde azalma) neden olmaktadır (Sheel ve ark., 2002).

Ek olarak yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında toplam kalp debisinin hem solunum hem de ekstremiteler kas sisteminin metabolik gereksinimlerini karşılamakta yetersiz kalabileceğini ve dolayısıyla bir solunum kası metaboreflksini ortaya çıkarabileceği belirtilmiştir. Bir kas metaboreflksi, iskelet kasının kasılmasına karşı biyokimyasal (kemoreflks) veya mekanik (mekanoreflks) baskı tepkisi ile ilişkilidir (Seals, 2001; Callegaro ve ark., 2011). Kas metaboreflksinin aktivasyonu için birincil uyarı, metabolitlerin birikmesine ve kimyasal afferentlerin uyarılmasına yol açan, kasılan kasa yetersiz kan akışıdır. Kas kasılmaları sırasında afferent sinirler uyarılır ve bu da efferent sempatik sinir aktivitesinde değişikliğe neden olur. Dolayısıyla metaboreflks tepkisi arteriyel kan basıncında, kalp atış hızında ve kalp kontraktilitesinde önemli bir artışa yol açar (Sheel ve ark., 2002; Witt ve ark., 2007; Boushel, 2010). Bu durum vücudun diğer bölgelerine giden kanda azalmaya yol açar. Kan akışındaki bu azalma iskelet kası yorgunluğunu hızlandırır ve sonuç olarak egzersiz performansında düşüşe neden olur (Harms ve ark., 2000; Boushel, 2010).

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kilis 7Aralık Üniversitesi BESYO, hakan.mayda@kilis.edu.tr,
ORCID iD: 0000-0002-7062-3284

Sporcularda solunum sisteminin yoğun egzersiz sırasında karşılaştığı diğer örnekler aşağıda belirtilmiştir. Birinci örnek, alveoler ventilasyonda (VE) önemli bir artışla elde edilen, genellikle insanlarda dinlenme değerinin 20 katı olan, alveolar kısmi oksijen ve karbondioksit basıncının düzenlenmesidir. Bu, solunum kaslarının sadece alveolleri havalandırmak için kuvvet üretme kapasitesiyle değil, aynı zamanda egzersiz sırasında sistem üzerindeki aşırı fizyolojik talebi de sınırlayarak elde edilir (Guenette ve Sheel, 2007).

Solunum sisteminin üstesinden gelmesi gereken zorlukların ikinci bir örneği, bronşiyal (intratorasik) hava yollarının, yoğun egzersizde sıklıkla görülen aktif ekspirasyon sırasında ihtiyaç duyulan akış hızının artmasına izin vermek için açıklığı sürdürme yeteneğidir. Yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında, bronşiyal hava yolları zaman zaman ekspiratuar akışta önemli bir sınırlama oluşturur ve bu da dinamik hiperinflasyona, solunum kaslarının çalışmasında artışa ve VE sınırlanmasına neden olur (Forster ve ark., 2012).

Bazı araştırmacılar solunum kas grubunun performans üzerindeki etkilerini belirlemek için egzersiz öncesinde solunum kaslarını farklı yöntemlerle önceden yormuştur. Solunum kaslarının yorulma protokollerinin uygulandığı tüm araştırmalarda sportif performans sürelerinde anlamlı azalmalar rapor edilmiştir (Mador ve ark., 1996; Verges ve ark., 2006). Bu çalışmalar, solunum kaslarının egzersiz toleransını sınırlayabildiğini açıkça göstermektedir. Örneğin karın kaslarının önceden yorulduğu bir araştırmada egzersiz toleransının sınırlandığı belirtilmiştir ve MEP'de %20'lik bir düşüşe neden olan ekspiratuar kas yükünün ardından, 12 dakikalık bir koşu sırasında kat edilen mesafe ve ortalama hız kontrol grubuna göre azalma göstermiştir (Verges ve ark., 2007). Diğer bir araştırmada inspiratuar kasların önceden yorulmasının yanı sıra baldır kasına kan akışının mekanik olarak kısıtlanmasının plantar fleksiyonun tükenme eşiğini etkileyip etkilemeyeceğini belirlemek amaçlanmıştır. Her iki uygulamanın da kontrol uygulamasına göre plantar fleksiyon tükenme süresini azalttığını böylece mekanik tıkanmanın veya potansiyel olarak inspiratuar kas metaboreflksinin aktivasyonunun baldır yorgunluk oranını hızlandırdığı belirtilmiştir (McConnell ve Lomax, 2006).

Sportif performanstaki gerilemenin daha büyük dispne hissinden mi, solunum düzenindeki değişimden mi yoksa solunum kas yorgunluğundan mı kaynaklandığı tartışılmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için bir araştırmacı yorucu diyafram çalışmasının genel egzersiz toleransı üzerindeki etkilerini (Harms ve ark., 2000), bir araştırmacı ise femoral sinirin manyetik stimülasyonunu kullanarak bunun lokomotor kas yorgunluğu üzerindeki etkilerini araştırmıştır

(Romer ve ark., 2006). Her iki araştırmada da yoğun egzersiz sırasında meydana gelen solunumun inspiratuar kas çalışmasını azaltmak için orantısal yardımcı ventilasyon (OYV) kullanmış, böylece önceki yorgunluğun sonraki egzersiz performansına verilen yanıtlar üzerindeki potansiyel kafa karıştırıcı etkileri ortadan kaldırılmıştır. Elit bisikletçilerde OYV kullanılarak yüklü ve yüksüz solunumun etkileri bir kontrol uygulaması ile karşılaştırılarak yüksüz solunum tükenme süresini 1,3 dakika arttırdığı yüklü solunumun ise performansı bir dakika azalttığı gözlenmiştir (Harms ve ark., 2000).

Bu bilgiler doğrultusunda sportif başarı elde etmek için solunum kaslarının gücünü ve dayanıklılığını artırmaya yönelik uygulamaların önemi ortaya çıkmaktadır. Solunum kası uygulamalarının solunum kas fonksiyonlarına fayda sağladığını gösteren birçok araştırma bu bilgileri desteklemektedir (Archiza ve ark., 2018; Kilding ve ark., 2010; Cunha ve ark., 2019; Chang ve ark., 2021).

Solunum kas uygulamaları genel olarak akut (Arend ve ark., 2015; Ohya ve ark., 2015; Tong ve ark., 2019; Cirino ve ark., 2023) ve kronik (Johnson ve ark., 2007; Kilding ve ark., 2010; Karsten ve ark., 2019; Lin ve ark., 2022; Tan ve ark., 2023) olmak üzere iki yükleme mekanizmasına ayrılmaktadır. Solunum kası uygulamaları hem hızlı hem de güçlü ventilasyon yeteneğini geliştirmek, egzersiz sırasında nefes alma iş yükünü azaltmak için solunum kaslarının yoğun bir şekilde çalıştırılmasını içermektedir (Richard ve Billaut, 2019; Muthusamy ve ark., 2022; Gmez-Albareda ve ark., 2023). Yapılan araştırmalarda solunum kası uygulamalarının solunum kas kuvveti ve egzersiz performans sonuçları üzerindeki etkileri incelenerek (Merola ve ark., 2019; Kowalski ve ark., 2023) solunum kaslarının diğer iskelet kaslarına benzer tepkiler verdiği görülmüştür.

SOLUNUM KASI ANTRENMANI

Sportif başarı elde etmek için birçok yeni antrenman yöntemi araştırılmakta ve uygulanmaktadır. Solunum kas antrenmanı (SKA) bunların arasında yer alan ve gün geçtikçe önemi sporcular, antrenörler ve spor bilimciler tarafından fark edilen değerli bir uygulamadır. nkn sağlıklı ve güçlü solunum kasları tüm sporcular için büyük önem taşımaktadır.

Diyaframın ve yardımcı inspirasyon kaslarının kuvvetini ve dayanıklılığını artırmayı hedefleyen uygulama bireyin MİP değerinin %30'u ile %80'i arasında değişen yüklerde belirli bir dirence karşı zorlu nefes almasını içermektedir (McConnell, 2013; Kowalski ve ark., 2023). Günde iki kez uygulanan ve 30 tekrar

içeren uygulama genellikle 4 hafta ve üzeri sürmektedir (Fernández-Lázaro ve ark., 2022).

Fizyolojik yanıtlarda ve atletik performansta bir değişiklik sağlamak için SKA kullanıldığında kişiye göre uygun antrenman ilkeleri belirlemek gerekmektedir (McConnell, 2011). Çünkü iskelet kaslarının direnç antrenmanının temel ilkelerine benzer bir şekilde, solunum kasları da kas yapısı ve fonksiyonunda fizyolojik bir değişiklik oluşturmak için uygun bir direnç ihtiyacı duymaktadır (McConnell ve Lomax, 2006). İspiratuar kaslardaki adaptasyonu belirleyen mekanizma SKA'nın basınç-akım spesifikliğıdir. Solunum kas kuvveti, yüksek basınçlı yüklerde ve düşük akış hızlarında antrenman yaparak gelişecektir (Kilding ve ark., 2010; Archiza ve ark., 2018).

Araştırmalar SKA'nın solunum kası yorgunluğunun performans üzerindeki zararlı etkisini geciktirmek veya hafifletmek için etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir (Sheel, 2002; McConnell ve Lomax, 2006; Witt ve diğerleri, 2007; Karsten ve ark., 2019). Literatürdeki bu kanıtlar egzersiz ve spor performansını artırmak için SKA'nın ergojenik bir yardım olarak kullanılmasına yönelik bir gerekçe sunmaktadır. Araştırmalar SKA'yı takiben hem solunum kas kuvveti hem de solunum kas dayanıklılığında iyileşmeler olduğunu göstermiştir (Karsten ve ark., 2019; Tan ve ark., 2023). Bu da solunum kaslarının yorulma direncini ve dinamik olarak tüm vücut egzersizi sırasında egzersiz ve performans verimliliklerini artırmaktadır (Sheel, 2002; Romer & Polkey, 2008).

SKA uygulaması futbolcularda (Guy ve ark., 2014), ragbicilerde (Nunes Júnior ve ark., 2018), çim hokeycilerde (Romer ve ark., 2002), basketbolcularda (Vasconcelos ve ark., 2017), hentbolcularda (Hartz ve ark., 2018), yüzücülerde (Kilding ve ark., 2010), dövüş sporlarında (Alnuman ve Alshamasneh, 2022), kürekçilerde (Forbes ve ark., 2011), atletlerde (Uemura ve ark., 2012) ve bisikletçilerde (Johnson ve ark., 2007) performansa katkılar sağlamıştır. Tüm bu sonuçlar SKA'nın sportif başarı için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

SKA'nın egzersiz performansını geliştirdiğini açıklayan fizyolojik mekanizmalar efor hissini azaltması (Volianitis ve ark., 2001; Romer ve ark., 2002; McConnell, 2011) ve solunum kası metaborefleksinin gecikmesidir. SKA, dispne seviyesi ile diğer kasların performans esnasında tükenme algısını azaltarak sporcuların daha yüksek egzersiz yoğunluklarında daha uzun süre egzersiz yapmasına olanak tanımaktadır (McConnell ve Lomax, 2006; Witt ve ark., 2007). Ayrıca metaborefleks aktivasyonundaki bir gecikme, ekstremitelerdeki kan akışını daha uzun süre ve daha yüksek egzersiz yoğunluklarında korumaktadır. Solunum

kas yorgunluğunun azalması veya gecikmesinin yanı sıra, SKA sonrası değişim gösteren farklı fizyolojik mekanizmalar da vardır. Bunlar hem submaksimal hem de maksimal egzersiz sırasında oksijen tüketimi, kalp atımı ve kandaki laktik asit oranı gibi değişkenlerdir. SKA sonrasında bu değişkenlerin kapsamı ve mekanik önemi ise henüz tam olarak çözülememiştir (Callegaro ve ark., 2011; McConnell, 2011; Fernández-Lázaro ve ark., 2022).

SOLUNUM KASI ISINMASI

Isınma, egzersiz öncesi yaralanmaları önlemek ve sportif performansı arttırmak için yaygın olarak kullanılan bir rutindir (Woods ve ark., 2007; Neiva ve ark., 2014). Isınmanın kelime anlamından da anlaşılacağı gibi kas ve vücut ısısında oluşturduğu artış sportif performans olumlu yönde etkileyen en önemli faktörüdür. Sporcuların kas ve vücut ısısındaki bu artış bazı fizyolojik mekanizmaları olumlu etkilemektedir. Bunlar; sinir iletim hızının artması, kas glikolizinin artması, kan akışının artması, kas ve eklemlerin viskoz direncinin azalmasıdır (Fradkin ve ark., 2010; Pearson ve ark., 2011).

Ek olarak egzersiz öncesi ısınma sayesinde asit baz dengesi korunarak oksijen tüketiminin gelişmesi sayesinde aerobik sistem olumlu etkilenmektedir (Burnley ve ark., 2011). Kas sertliğini de azalttığı için hareketlerin daha kolay ve etkili yapılmasına olanak tanımaktadır (Morales-Artacho ve Lacourpaille, 2017).

Belirtilen bu fizyolojik faydalar nedeniyle egzersiz öncesinde genel olarak tüm kaslar ısındırılsa da solunum kasları arka planda tutularak ısındırılmamaktadır. Bu durumun sportif performans kayıpları oluşturabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle solunum kaslarına yönelik bir ısınma uygulamasının gerekli olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Solunum kaslarına yönelik ısınma uygulaması solunum kası ısınmasıdır (SKI). Egzersizden önce dinlenik halde uygulanan SKI, solunum kaslarını yüksek yoğunluklu egzersiz öncesi ısıdırarak solunum tepkisini arttırmayı amaçlamaktadır. Uygulama 1 dakika dinlenme aralığı ile 30 inspirasyondan oluşan 2 seti kapsamaktadır (McConnell, 2011). Uygulama sırasında oluşabilecek aşırı yorgunluğu önlemek için MİP değerinin %40'ı alınarak solunum kas ısınması gerçekleştirilmelidir (Wilson ve ark., 2014). Aşağıda belirtilen doğru ısınma yükünü ayarlamak verim sağlamak için oldukça önemlidir (Tablo 1).

Tablo 1. 30 tekrarlı solunum kası ısınma yükü (McConnell, 2011)

Antrenman Yüğü (seviye)	İdeal ısınma yükü (seviye)
10	8
9	7
8	6.5
7	5.5
6	5
5	4
4	3
3	2.5
2	1.5
1	1
0	0

SKI ile ilgili araştırmalar inspiratuar kas gücünde iyileşme olduğunu, solunum yorgunluğunun ve kan laktat düzeyinin azaldığını göstermiştir (Volianitis ve ark., 2001; Arend ve ark., 2015, Tong ve ark., 2019; Barnes ve Ludge, 2021; Cirino ve ark., 2023).

Ayrıca SKI'nın etkisi kürek çekme (Arend ve ark., 2015), yüzme (Wilson ve ark., 2014), atletizm (Barnes ve Ludge, 2021), badminton (Lin ve ark., 2007), bisiklet (Cheng ve ark., 2013), buz pateni (Richard ve Billaut, 2019) ve judo (Merola ve ark., 2019) gibi farklı spor branşlarında araştırılmıştır.

SKI'nın kas deoksijenasyonunu azalttığı ve metaborefleks üzerinde geciktirici bir etkiye sahip olabileceği belirtilmiştir (Cheng ve ark., 2013). Yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında nefes darlığı veya zor nefes alma hislerinin de SKI'yı takiben azaldığı gösterilmiştir (Volianitis ve ark., 2001). Algısal yorgunluk göstergesi aracılığı ile egzersiz performansındaki artışlardan birinin bu olabileceği düşünülmektedir.

Diğer taraftan solunum kası ısınmasının solunum kas antrenmanı gibi aynı kalıcı ve büyük etkilere sahip olmadığı belirtilmektedir. Bu nedenle solunum kası ısınması ve solunum kas antrenmanının birlikte kullanıldığı bir kombinasyon etki araştırılmıştır. Solunum ve egzersiz performansı gelişimindeki en iyi sonucun iki uygulama birleştirildiğinde, bir sonraki en iyi sonucun tek başına solunum kası antrenmanı uygulandığında, bir sonraki en iyi sonucun ise tek başına solunum kası ısınması uygulandığında kaydedildiği sonucuna varılmıştır (Lomax ve ark.,

2011). SKI ve SKA ile ilgili elde edilen bulgular, solunum kası uygulamalarının solunum fonksiyonuna, egzersiz performansına ve egzersizin algısal stresine istatistiksel olarak anlamlı derecede fayda sağlama potansiyeline sahip olduğunu açıkça göstermektedir (Ohya ve ark., 2015; Tong ve ark., 2019; Karsten ve ark., 2019; Tan ve ark., 2023). Sportif başarı elde etmek için her iki solunum kası uygulamasının da yaygın olarak kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Alnuman, N., & Alshamasneh, A. (2022). The effect of inspiratory muscle training on the pulmonary function in mixed martial arts and kickboxing athletes. *Journal of Human Kinetics*, 81(1), 53-63.
- Archiza, B., Andaku, D. K., Caruso, F. C. R., Bonjorno Jr, J. C., Oliveira, C. R. D., Ricci, P. A., & Borghi-Silva, A. (2018). Effects of inspiratory muscle training in professional women football players: a randomized sham-controlled trial. *Journal of sports sciences*, 36(7), 771-780.
- Arend, M., Mäestu, J., Kivastik, J., Rämson, R., & Jürimäe, J. (2015). Effect of inspiratory muscle warm-up on submaximal rowing performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(1), 213-218.
- Barnes, K. R., & Ludge, A. R. (2021). Inspiratory muscle warm-up improves 3,200-m running performance in distance runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(6), 1739-1747.
- Boushel, R. (2010). Muscle metaboreflex control of the circulation during exercise. *Acta physiologica*, 199(4), 367-383.
- Burnley, M., Davison, G., & Baker, J. R. (2011). Effects of priming exercise on VO₂ kinetics and the power-duration relationship. *Medicine and science in sports and Exercise*, 43(11), 2171-2179.
- Callegaro, C. C., Ribeiro, J. P., Tan, C. O., & Taylor, J. A. (2011). Attenuated inspiratory muscle metaboreflex in endurance-trained individuals. *Respiratory physiology & neurobiology*, 177(1), 24-29.
- Chang, Y. C., Chang, H. Y., Ho, C. C., Lee, P. F., Chou, Y. C., Tsai, M. W., & Chou, L. W. (2021). Effects of 4-week inspiratory muscle training on sport performance in college 800-meter track runners. *Medicina*, 57(1), 72.
- Cheng, C. F., Tong, T. K., Kuo, Y. C., Chen, P. H., Huang, H. W., & Lee, C. L. (2013). Inspiratory muscle warm-up attenuates muscle deoxygenation during cycling exercise in women athletes. *Respiratory physiology & neurobiology*, 186(3), 296-302.
- Cirino, C., Marostegan, A. B., Hartz, C. S., Moreno, M. A., Gobatto, C. A., & Manchado-Gobatto, F. B. (2023). Effects of Inspiratory Muscle Warm-Up on Physical Exercise: A Systematic Review. *Biology*, 12(2), 333.
- Cunha, M., Mendes, F., Paciência, I., Rodolfo, A., Carneiro-Leão, L., Rama, T., & Moreira, A. (2019). The effect of inspiratory muscle training on swimming performance, inspiratory muscle strength, lung function, and perceived breathlessness in elite swimmers: a randomized controlled trial. *Porto biomedical journal*, 4(6).
- Derchak, P. A., Sheel, A. W., Morgan, B. J., & Dempsey, J. A. (2002). Effects of expira-

- tory muscle work on muscle sympathetic nerve activity. *Journal of Applied Physiology*, 92(4), 1539-1552.
- Faghy, M. A., & Brown, P. I. (2017). Whole-body active warm-up and inspiratory muscle warm-up do not improve running performance when carrying thoracic loads. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(8), 810-815.
- Fernández-Lázaro, D., Corchete, L. A., García, J. F., Jerves Donoso, D., Lantarón-Caeiro, E., Cobreros Mielgo, R., & Seco-Calvo, J. (2022). Effects on Respiratory Pressures, Spirometry Biomarkers, and Sports Performance after Inspiratory Muscle Training in a Physically Active Population by Powerbreath®: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biology*, 12(1), 56.
- Forbes, S., Game, A., Syrotuik, D., Jones, R., & Bell, G. J. (2011). The effect of inspiratory and expiratory respiratory muscle training in rowers. *Research in Sports Medicine*, 19(4), 217-230.
- Forster, H. V., Haouzi, P., & Dempsey, J. A. (2011). Control of breathing during exercise. *Comprehensive Physiology*, 2(1), 743-777.
- Fradkin, A. J., Zazryn, T. R., & Smoliga, J. M. (2010). Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(1), 140-148.
- Gómez-Albareda, E., Viscor, G., & García, I. (2023). Inspiratory Muscle Training Improves Maximal Inspiratory Pressure Without Increasing Performance in Elite Swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(aop), 1-6.
- Guenette, J. A., & Sheel, A. W. (2007). Physiological consequences of a high work of breathing during heavy exercise in humans. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(6), 341-350.
- Guy, J. H., Edwards, A. M., & Deakin, G. B. (2014). Inspiratory muscle training improves exercise tolerance in recreational soccer players without concomitant gain in soccer-specific fitness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(2), 483-491.
- Harms, C. A., Wetter, T. J., St. Croix, C. M., Pegelow, D. F., & Dempsey, J. A. (2000). Effects of respiratory muscle work on exercise performance. *Journal of applied physiology*, 89(1), 131-138.
- Hartz, C. S., Sindorf, M. A., Lopes, C. R., Batista, J., & Moreno, M. A. (2018). Effect of inspiratory muscle training on performance of handball athletes. *Journal of human kinetics*, 63(1), 43-51.
- Johnson, M. A., Sharpe, G. R., & Brown, P. I. (2007). Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *European journal of applied physiology*, 101, 761-770.
- Karsten, M., Ribeiro, G. S., Esquivel, M. S., & Matte, D. L. (2019). Maximizing the effectiveness of inspiratory muscle training in sports performance: a current challenge. *Phys. Ther. Sport*, 36, 68-69.
- Kilding, A. E., Brown, S., & McConnell, A. K. (2010). Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *European journal of applied physiology*, 108, 505-511.
- Kowalski, T., Kasiak, P. S., Rebis, K., Klusiewicz, A., Granda, D., & Wiecha, S. (2023). Respiratory muscle training induces additional stress and training load in well-trained triathletes—randomized controlled trial. *Frontiers in Physiology*, 14, 1264265.
- Lin, C. H., Lee, C. W., & Huang, C. H. (2022). Inspiratory Muscle Training Improves Ae-

- robic Fitness in Active Children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 14722.
- Lin, H., Tong, T. K., Huang, C., Nie, J., Lu, K., & Quach, B. (2007). Specific inspiratory muscle warm-up enhances badminton footwork performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 32(6), 1082-1088.
- Lomax, M., Grant, I., & Corbett, J. (2011). Inspiratory muscle warm-up and inspiratory muscle training: separate and combined effects on intermittent running to exhaustion. *Journal of sports sciences*, 29(6), 563-569.
- Mador, J. M., Rodis, A., & Diaz, J. (1996). Diaphragmatic fatigue following voluntary hyperpnea. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 154(1), 63-67.
- McConnell, A. (2011). Breathe Strong. Perform Better. *Human Kinetics, UK*, 22.
- McConnell, A. (2013). *Respiratory muscle training: theory and practice*. Elsevier Health Sciences.
- McConnell, A. K., & Lomax, M. (2006). The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *The Journal of physiology*, 577(1), 445-457.
- Merola, P. K., Zaccani, W. A., Faria, C. C., Berton, D. C., Verges, S., & Franchini, E. (2019). High load inspiratory muscle warm-up has no impact on Special Judo Fitness Test performance. *Idō Movement for Culture*, 19(1).
- Morales-Artacho, A. J., Lacourpaille, L., & Guilhem, G. (2017). Effects of warm-up on hamstring muscles stiffness: Cycling vs foam rolling. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(12), 1959-1969.
- Muthusamy, S., Balasubramanian, K., Subramaniam, A., & Balasubramnaiyam, A. (2022). Effects of Individualized Training and Respiratory Muscle Training on Pulmonary Function among Collegiate Swimmers: an Experimental Study. *Physical Education Theory and Methodology*, 22(3s), S64-S70.
- Neiva, H. P., Marques, M. C., Barbosa, T. M., Izquierdo, M., & Marinho, D. A. (2014). Warm-up and performance in competitive swimming. *Sports medicine*, 44, 319-330.
- Nunes Júnior, A. D. O., Donzeli, M. A., Shimano, S. G. N., Oliveira, N. M. L. D., Ruas, G., & Bertonecello, D. (2018). Effects of high-intensity inspiratory muscle training in rugby players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 24, 216-219.
- Ohya, T., Hagiwara, M., & Suzuki, Y. (2015). Inspiratory muscle warm-up has no impact on performance or locomotor muscle oxygenation during high-intensity intermittent sprint cycling exercise. *Springerplus*, 4(1), 1-11.
- Pearson, J., Low, D. A., Stöhr, E., Kalsi, K., Ali, L., Barker, H., & González-Alonso, J. (2011). Hemodynamic responses to heat stress in the resting and exercising human leg: insight into the effect of temperature on skeletal muscle blood flow. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 300(3), R663-R673.
- Richard, P., & Billaut, F. (2019). Effects of inspiratory muscle warm-up on locomotor muscle oxygenation in elite speed skaters during 3000 m time trials. *European Journal of Applied Physiology*, 119, 191-200.
- Romer, L. M., & Polkey, M. I. (2008). Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. *Journal of Applied Physiology*, 104(3), 879-888.
- Romer, L. M., Lovering, A. T., Haverkamp, H. C., Pegelow, D. F., & Dempsey, J. A. (2006). Effect of inspiratory muscle work on peripheral fatigue of locomotor muscles in healthy humans. *The Journal of physiology*, 571(2), 425-439.
- Romer, L. M., McConnell, A. K., & Jones, D. A. (2002). Effects of inspiratory muscle tra-

- ining on time-trial performance in trained cyclists. *Journal of sports sciences*, 20(7), 547-590.
- Seals, D. R. (2001). Robin Hood for the lungs? A respiratory metaboreflex that 'steals' blood flow from locomotor muscles. *The Journal of physiology*, 537(Pt 1), 2.
- Sheel, A. W. (2002). Respiratory muscle training in healthy individuals: physiological rationale and implications for exercise performance. *Sports Medicine*, 32, 567-581.
- Sheel, A. W., Derchak, P. A., Pegelow, D. F., & Dempsey, J. A. (2002). Threshold effects of respiratory muscle work on limb vascular resistance. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 282(5), H1732-H1738.
- Sliwinski, P., Yan, S., Gauthier, A. P., & Macklem, P. T. (1996). Influence of global inspiratory muscle fatigue on breathing during exercise. *Journal of applied physiology*, 80(4), 1270-1278.
- St Croix, C. M., Morgan, B. J., Wetter, T. J., & Dempsey, J. A. (2000). Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex sympathetic activation in humans. *The Journal of physiology*, 529(2), 493-504.
- Tan, M., Liang, Y., Lv, W., Ren, H., & Cai, Q. (2023). The Effects of Inspiratory Muscle Training on Swimming Performance: A Study on the Cohort of Swimming Specialization Students. *Physiology & Behavior*, 114347.
- Tong, T. K., Baker, J. S., Zhang, H., Kong, Z., & Nie, J. (2019). Effects of specific core re-warm-ups on core function, leg perfusion and second-half team sport-specific sprint performance: A randomized crossover study. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(3), 479.
- Uemura, H., Lundgren, C. E., Ray, A. D., & Pendergast, D. R. (2012). Effects of different types of respiratory muscle training on exercise performance in runners. *Military medicine*, 177(5), 559-566.
- Vasconcelos, T., Hall, A., & Viana, R. (2017). The influence of inspiratory muscle training on lung function in female basketball players-a randomized controlled trial. *Porto Biomedical Journal*, 2(3), 86-89.
- Verges, S., Sager, Y., Erni, C., & Spengler, C. M. (2007). Expiratory muscle fatigue impairs exercise performance. *European journal of applied physiology*, 101, 225-232.
- Verges, S., Schulz, C., Perret, C., & Spengler, C. M. (2006). Impaired abdominal muscle contractility after high-intensity exhaustive exercise assessed by magnetic stimulation. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 34(4), 423-430.
- Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., McNaughton, L. R., Backx, K., & Jones, D. A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), 803-809.
- Wilson, E. E., McKeever, T. M., Lobb, C., Sherriff, T., Gupta, L., Hearson, G., & Shaw, D. E. (2014). Respiratory muscle specific warm-up and elite swimming performance. *British journal of sports medicine*, 48(9), 789-791.
- Witt, J. D., Guenette, J. A., Rupert, J. L., McKenzie, D. C., & Sheel, A. W. (2007). Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. *The Journal of physiology*, 584(3), 1019-1028.
- Woods, K., Bishop, P., & Jones, E. (2007). Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports medicine*, 37, 1089-1099.